nature
الطبعة العربية
الدورية العالمية للعلوم



حِبال نجاة للكبد

نظام لحفظ الأعضاء يعتمد على التروية بالمغذيات عند درجة حرارة الجسم، بدلًا من الثلج صفحة 54

علم المناعة

التنقيب في القاذورات

كيف يمكن للفئران شديدة النظافة أن تدمِّر الأبحاث العلمية

صفحة 34

فيزياء الجسيمات

نتيجة إيجابية

قياس دقيق لشحنة البروتون الضعيفة

صفحة 47

تطور

ميزة بشرية

كيف أسهمت العوامل البيئية في زيادة حجم الدماغ البشري

صفحة 57

ARABICEDITION.NATURE.COM
يونيو 2018 / السنة السادسة / العدد 55
ISSN 977-2314-55003

nature

يونيو 2018 / السنة السادسة / العدد 55

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

NAE Riyadh office
Leaders Tower 1,
7853 takhassusi,
Al Olaya, Riyadh
12333 3214,
Saudi Arabia.

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم

في عدد ربع سنوي جديد من دورية *Nature* الطبعة العربية"، نعرض لكم مختارات من أهم ما نُشر في دورية *Nature* الدولية في أعدادها المنشورة في الفترة من إبريل إلى يونيو 2018، حيث يضم هذا العدد بين جنباته إضاءات على آفاق تقدم العلوم. وفيما يلي نبذة عن أبرز ما ورد فيه:

في قسم "أخبار في دائرة الضوء"، وتحت عنوان "إشارات تفيد بأن الاحترار العالمي سيضرب الدول الفقيرة أولًا"، نعرف المزيد عن طريقة جديدة لقياس أوجه التفاوت بين التهديدات المستقبلية للتغيرات المناخية، حيث تشير إلى أن الدول الأفقر هي الأكثر تأثرًا، وذلك لأسباب مختلفة تقرأها داخل العدد. وفي القسم نفسه، نلقي الضوء على "المختبر الأكثر برودة في الكون" وهو مختبر الذرات الباردة - التابع لوكالة "ناسا" – الذي سوف يتيح للفيزيائيين التعامل مع الظواهر الكمية كما لم يتسن لهم من قبل.

وتحت عنوان "انطلاق العمل بالفيروسات المضادة للسرطان"، نتعرف على نتائج دراسات مشجعة، ومجموعة من التجارب الإكلينيكية تثير الاهتمام، وأسلوب علاجي جديد لمرض السرطان يُعرَف بالفيروسات "الحالّة للأورام"، حيث أبدى عدد من شركات الأدوية العملاقة اهتمامًا به، كما نستكشف "خريطة ثلاثية الأبعاد لميار نجم"، أصدرتها بعثة "جايا" الأوروبية لمجرّة درب التبانة، من شأنها أن تُحْدِث نقلة في علم الفلك.

وفي قسم التحقيقات، وتحت عنوان "ها قد جاءت الموجات"، نطّلع على آفاق حَل واحدة من أقدم مشكلات علم الفلك، وهي كيفية قياس المسافة بين الأرض والأجرام الأخرى في الكون، وذلك من خلال رصد موجات الجاذبية، التي بمقدورها أن تجيب على العديد من الأسئلة الأخرى المعلَّقة، الخاصة بعلم الكون والفلك. وفي تحقيق آخر، وتحت عنوان "اسمحوا للجراثيم بالدخول"، نتعرف على الفوائد المحتملة لتخلِّي الباحثين عن النظافة الفائقة لفئران التجارب، وتعريضها لبعض التلوّث بالجراثيم، لتصير أجهزة المناعة لديها أكثر تشابهًا مع جهاز المناعة لدى الإنسان، الذي يتطوّر في عالَم يعجّ بالميكروبات.

وفي قسم "التعليقات"، وتحت عنوان "متى ستعكس التجاربُ الإكلينيكية التنوّع؟"، يَستعرض تود سي. نيبر، وهوارد إل. ماكليود في تحليلهما لدراسات العقاقير مسألة نقص تمثيل مجموعات بشرية ذات انتماءات عرقية وإثنية معينة في التجارب الإكلينيكية، حيث يكون أغلب المشاركين فيها من البِيض، الأمر الذي قد يؤثر تأثيرًا سلبيًّا على تطبيق نتائج هذه التجارب على هذه المجموعات المتنوعة. ويطرح المقال بعض الأفكار التي يمكن للباحثين والجهات التنظيمية والتمويلية تبَنِّيها؛ من أجل التعامل مع هذه المسألة.

وإذا كنت من القلقين على مستقبل البيئة على سطح كوكب الأرض، ستجد في قسم "كتب وفنون" تحت عنوان "قصص وحكايات لإنقاذ الأرض" نظرة متعمقة على دراسة عن كتب الأطفال التي يتم استغلالها كإحدى وسائل الاستعداد لمواجهة أزمات كوكبنا، والتي تناولها عالم البيئة ليام هينيجان في كتابه "وحوش ما قبل النوم". وفي القسم نفسه، وتحت عنوان "مقولات آينشتاين بين الصحة والزيف""، يُغربل آندرو روبنسون المقولات المنسوبة إلى عالِم الفيزياء الشهير، لنكتشف - على سبيل المثال - أنه ليس صاحب مقولة "الجنون هو أن تفعل الشيء نفسه مرارًا وتكرارًا، وتتوقع نتائج مختلفة" التي طالما ذُيلت باسمه.

وفي قسم "صندوق الأدوات"، وتحت عنوان "ثورة الاستشعار عن بُعْد في علم البيئة"، نستكشف كيفية استفادة علماء البيئة من بيانات الاستشعار عن بُعد، التي صار الوصول إليها وتحليلها أيسر من أي وقت مضى؛ ما يتيح لهؤلاء العلماء معالجة المشكلات المتعلقة بالحفاظ على البيئة.

واحتفاءً بتنوّع وأهمية الأبحاث التي يكرس العلماء أجزاء كبيرة من حياتهم لها، تنظِّم دورية Nature مسابقة للتصوير الفوتوغرافي للعام الثاني على التوالي، تحت عنوان "عالِمٌ أثناء تأدية عمله"، ونستعرض في هذا العدد مجموعة من الصورة الفائزة في المسابقة.

ويضم قسم "أنباء وآراء" عروضًا وتحليلات متعمقة لمجموعة بارزة من الأبحاث التي نُشرت منذ بداية العام، ومنها تحليل تحت عنوان "قتل الخلايا البكتيرية الصامدة"، يستعرض فيه جوليان جي. هيردل، وأديتي ديشباندي بحثًا عن التوصل إلى طريقة لمواجهة الخلايا الصامدة التي لا تتأثر بالمضادات الحيوية في حالات العدوى البكتيرية، وذلك عن طريق استخدام جزيئين ينتميان إلى فئة من الجزيئات، تُعرَف باسم "الرتينويدات".

وتحت عنوان "عشوائية كَمِّية آمنة"، يناقش ستيفانو بيرونيو تجربة بيروست وزملائه لإنتاج سلاسل من البتات العشوائية بحق (أصفار، وآحاد)، وهي مطلوبة لتحسين مستوى الأمان في نطاق واسع من أنظمة الاتصالات.

هذا.. بالإضافة إلى مختارتنا من أبرز البحوث التي نُشرت في دورية Nature على مدار الأشهر الثلاثة، وملخصات أبحاث نُشرت في دوريات علمية أخرى، فضلًا عن أهم أخبار مجتمع العلوم في هذه الفترة.

رئيس التحرير
علياء حامد

المحتويات

يونيو 2018 / السنة الثالثة / العدد 55

هــذا الـشــهــر

افتتاحيات

أضواء على البحوث

ثلاثون يوما



مهن علمية

لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية، تابع: arabicedition.nature.com/jobs

أخبـــار فى دائرة الضــوء

تحقيقات



علم المناعة

اسمحوا للجراثيم بالدخول

يمكن لجرعة من القاذورات أن تجعل فئران المعامل أكثر نفعًا صفحة 32

تعليقات

كتب وفنون



علم البيئة

قصص وحكايات لإنقاذ الأرض

يستطلع إس. إف. سعيد دراسة عن كتب الأطفال التي يتم استغلالها كإحدى وسائل الاستعداد لمواجهة أزمات كوكبنا. صفحة 26

مستقبليات

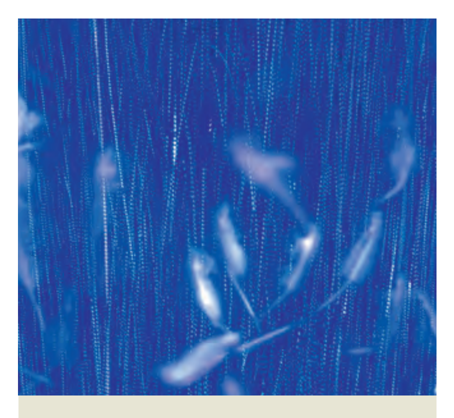
تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المحتويات

يونيو 2018 / السنة الثالثة / العدد 55

أبحــاث

أنباء وآراء



علم المحيطات

الجمبري يثير حركة المياه

تجمعات الجمبري الملحي تُحدِث دوامات واسعة النطاق. **صفحة 51**



على الغلاف

جِبال نجاة للكبد

يُعَدّ توافر الأعضاء المتبرَّع بها وجودتها أحد العوائق الكبيرة التي تعترض سبيل إجراء عملية زراعة كبد ناجحة. وتشير تجربة موصوفة في هذا العدد إلى أن تقنية الإرواء الآلي سَوِيّ الحرارة للأعضاء المتبرَّع بها - بدلًا من الحفظ المعتاد باستخدام الثلج - سمحت بزرع مزيد من الأكباد، بفضل إمكانية حفظها لفترة أطول بنسبة 54%، وتقليل تأذي الطُّعم بنسبة 50%. **صفحة 54**

ملخصات الأبحاث



تطور

عوامل تطور حجم الدماغ البشري

المنافسة بين الأفراد أثبتت عدم أهميتها في الدفع بتطور حجم الدماغ البشري؛ بل وأن اتساع الدماغ في جنس الهومو كان مدفوعًا بالتحديات البيئية وليست الاجتماعية **صفحة 57**

هــذا الشهـــر

افتتاحيات

أفريقيا دليل جديد للتعامل الأخلاقي مع مشاريع علم الجينوم يعزز العلوم في أفريقيا **ص. 8**

رؤية كونية تحسين الحصول على الدعم للباحثين من ذوي الإعاقات **ص. 10**



سلوك الهرمونات تجعل الطيور أكثر استعدادًا لمشاركة الطعام **ص. 13**

دوريـة *Nature* ما بين الحـقيقة والوهـم

دائمًا ما تُتداوَل أوهام تتعلق بالإجراءات والسياسات التحريرية المتبعة في دورية *Nature*. وفيما يلي محاولة لتبديد مثل هذه الأوهام.

الوهم الأول: لعل أطول الأوهام أمدًا من حيث التداول، هو الاعتقاد بأن ظهور نسخة ما قبل النشر (preprint) من أحد الأبحاث المُقدَمَة إلى هذه الدورية سوف يؤثر فيما بعد على قبول البحث للنشر، لكن هذا ليس صحيحًا، كما تناولنا في هذه الأعمدة من قبل. فمنذ ما يزيد على 20 عامًا، ونحن نتبع سياسة نعامل بموجبها نسخ ما قبل النشر معاملة المؤتمرات التي يعرض فيها الباحث بحثه على غيره من الباحثين (conference talks)، والتي تُعَدّ تواصلًا فيما بين الباحثين، يشجع على إبداء ملاحظات غير رسمية، ويؤدي إلى إنتاج أبحاث أفضل.

ويتمثل الوهم الثاني في أن دوريات *Nature* لا ترغب في أن يُشْرِك كبار الباحثين زملاءهم المبتدئين في عمليات مراجعة الأقران، التي تنطوي على سرية. وهذا غير صحيح، بل نحن نشجع مثل هذه المشارَكات؛ لمساعدة طلاب الدراسات العليا وباحثي ما بعد الدكتوراة على اكتساب خبرات في وجود الإشراف اللازم، بل ونطالب بتحديد هويّات هؤلاء المبتدئين، ومَنْحهم التقدير الواجب، وقد نتوجه إليهم مباشرةً لطلب النصيحة بشأن أبحاث لاحقة.

أمّا الوهم الثالث، فمضمونه هو أنه يمكن للمحكِّمين رفض الأبحاث. إنّ هذا قد يحدث، استنادًا إلى أسس فنية فقط، أمّا قرار اختيار الأبحاث التي تنشرها دورية *Nature*، فقد كان - ولا يزال - في أيدي المحررين على الدوام؛ بالرغم من أن تقييمات المحكِّمين لأهمية الأبحاث لها تأثيرها. ونحن نولي اهتمامًا بالتعليقات الفنية، لكننا نحتفظ بحق الاختلاف مع أيّ توصية صادرة عن أحد المحكِّمين بشأن إجازة النشر.

يتعلق الوهم الرابع بأن تبعية البحث – بما في ذلك الدولة، والمؤسسة العلمية – يؤثر في قرار دورية *Nature* بشأن تحكيم البحث، أو نشره. وهذا غير حقيقي، حيث إننا كثيرًا ما ننشر أبحاثًا لمؤلفين ينشرون للمرة الأولى، وكثيرًا ما نرفض أبحاثًا لباحثين ذوي أسماء رنانة، وذلك استنادًا إلى أسس تحريرية تتعلق بأهمية البحث. هذا، إضافة إلى أننا نتيح خيار مراجعة الأقران مزدوجة التعمية للمؤلفين الذين يُبدون رغبتهم في ذلك، حيث إننا ندرك إمكانية حدوث تحيُّز بشكل غير واعٍ.

يتمثل الوهم الخامس في أن محرري دورية *Nature* يختارون الأبحاث اعتمادًا على الحجم المتوقع من التغطية الإعلامية، أو معدل الاستشهاد. وهذا ليس صحيحًا؛ فتقييم الأهمية هو ما يهمّ. ففي مجالات كثيرة من البحث العلمي، يعكس معدل الاستشهاد بالفعل مدى الأهمية العلمية، ونحن نقدِّر مثل هذه الإنجازات، لكنّ الكثير من الأبحاث التي ننشرها لا يحقق – ولا يُتوقع له أن يحقق – معدلات مرتفعة من الاستشهادات. ومع هذا، فنحن نُقَدِّر هذه الأبحاث، لأننا نرى أنها ذات أهمية جوهرية، أو لاحتمال أن يكون لمثل هذه الأبحاث تأثير قويّ على المجتمع.

يتلخص الوهم السادس في أنّ محرري دورية *Nature* يرفضون أحيانًا بعض الأبحاث، دون قراءتها بالكامل. وهذا غير صحيح أيضًا.

أمّا الوهم السابع، ففَحْواه أنه يجب على المؤلفين أن يعدوا مسودات الأبحاث بشكل يتوافق مع إرشادات التنسيق المحددة بعناية من جانب دورية *Nature*. وهذا الوهم يجانبه الصواب؛ فلخدمة أهداف تقديم الأبحاث للنشر، نحن نهتم فقط بتوافق البحث - على نحو تقريبي - مع شروط الطول، ونهتم أيضًا بالتأكد من أن المحررين والمحكِّمين سوف يتمكّنون من فَهْم الفرضيات والأسس التي تقوم عليها. وفي مرحلة التقديم، لا يتعين وضع الأشكال وتعليقاتها الإيضاحية في نهاية النص. على أن تصبح المسائل المتعلقة بالتنسيق ذات أهمية فقط عند الاعتزام على اتخاذ خطوات في اتجاه النشر.

يشير الوهم الثامن إلى أنّه مِن ضِمْن منظومة دوريات *Nature*، التي قد يُعرض فيها على أحد المؤلفين تحويل بحث مرفوض إلى دورية أخرى، ربما يُقلِّل المحررون المنقول إليهم البحث من قيمة هذا البحث. وهذا الأمر غير صحيح؛ فالمحررون يقيِّمون الأبحاث وفقًا لاعتباراتهم الخاصة. ولأن هذه التحويلات تتم بناءً على معرفتنا بمعايير دورياتنا، فلنا أن نتوقع تراجعًا كبيرًا لمعدلات الرفض المباشر من جانب المحررين، وزيادة معدلات تحكيم الأبحاث المُحوَّلة عن التحكيم المتعلِّق بالأبحاث المُقدَّمة مباشَرَةً، وهو ما تثبت إحصائياتنا صحته فعليًّا؛ فعلى سبيل المثال، في فبراير 2018، تم إرسال مسودات الأبحاث المُحوَّلة داخل إطار عائلة *Nature* إلى مراجعين خارجيين، بمعدل يبلغ ضعف معدل إرسال مسودات الأبحاث المقدَّمة مباشرةً.

أمّا الوهم التاسع والأخير، فمفاده أن محرري دورية *Nature* لا ينظرون أبدًا في الطعون. وهذا غير صحيح تمامًا.

ربما يكون دليلنا الإرشادي الخاص بالمؤلفين غير واضح بدرجة كافية بشأن بعض هذه السياسات، ولكننا نعمل حاليًّا على تطويره. والأهم من هذا، أننا نأمل أن تساعد هذه الافتتاحية الباحثين، وأن تصحح المفاهيم الخاطئة التي تنتشر أحيانًا على نطاق واسع فيما يتعلق بالإجراءات والسياسات المتبعة في دورية *Nature*. ■

صافـرات إنــذار كونيــة

يمكن لموجات الجاذبية أن تساعدنا على فهم مقاييس الكون المختلفة.

شهد عِلْم الكون تطورًا كبيرًا، منذ أن حدَّد إدوين هابل معدل التمدد الكوني قبل حوالي 90 عامًا. ومنذ تسعينيات القرن الماضي، توافقت تقنيات متعددة مستقلة على قِيم أقل بكثير من تلك التي أتى بها هابل. ورغم أن هذه القيم تختلف فيما بينها بأقل من 10%، فإن هذه الاختلافات تبدو ذات دلالة إحصائية (بانحرافات معيارية 3.7). لذا، يجب على التقنيات المبتكرة أن تضطلع بحسم المسألة في غضون السنوات القليلة القادمة، بما فيها تقنية الكشف عن موجات الجاذبية المنبعثة من التصادمات النجمية، على غرار التصادم الذي شهده علماء الفلك في أغسطس الماضي. وقد يتضمن حسم هذه المسألة مبادئ فيزيائية جديدة وغير متوقعة.

في كوننا المتمدد، يمكن بسهولة قياس معدل ارتداد إحدى المجرّات عن مجرّتنا من مقدار انزياح موجاتها نحو الأحمر، أي مدى تمدد موجاتها الضوئية في أثناء تحركها في الفضاء، الناتج عن تمدد الفضاء المتداخل. أما الجزء الصعب، فيتمثل في قياس بُعد المجرّة. اكتشف هابل باستخدام تقنياته المبكرة أن معظم المجرات تتراجع – فيما يبدو – بمعدل يتناسب مع بُعدها؛ ويحدد "ثابت هابل" هذا المعدل. وتشير عمليات الرصد الحديثة اليوم إلى أن سرعات المجرات تزداد في المتوسط بمعدل 73.5 كيلومتر في الثانية لكل مليون فرسخ فلكي (أي ما يعادل 3.26 مليون سنة ضوئية) تبعده عنا. وبالتالي، فإن المجرات التي تبعد مثلًا مائة مليون فرسخ فلكي تتراجع بسرعة قدرها حوالي 7,350 كيلومترًا في الثانية.

تأتي هذه القيمة من "ثابت هابل" من ملاحظة النجوم التي تقوم بدور الشموع المعيارية. فهذه النجوم لها لَمَعَان ذاتي معروف؛ ومن ثم يمكن تقدير بُعدها من مدى لمعانها في السماء، لكنّ القيمة 73.5 لا تتفق مع القيمة 66.9 التي قَدَّرها في عام 2015 علماء الكون، الذين رسموا خريطة لإشعاع الخلفية الميكروي الكوني – وهو الإشعاع المتبقي من الانفجار العظيم – عن طريق مرصد "بلانك" Planck، التابع لوكالة الفضاء الأوروبية (ESA). وربما يتضح أن الفارق بين القيمتين تسببه نواتج من تقنيات القياس زائفة وغير معروفة، إلا أن كلا الفريقين يقولان إنهما على ثقة كبيرة في النتائج التي توصّلا إليها.

يَعتمِد تقدير مرصد "بلانك" على ما يُعرف بالنموذج المعياري لعِلْم الكون. وهو يطرح فروضًا تتعلق بتكوين الكون، وتحديدًا محتوى المادة المظلمة، وطبيعة الطاقة المظلمة، المحرك الغامض لتسارع التمدد الكوني. لذا، فإنه في حال استمرار وجود هذا الفارق، قد يشير ذلك إلى بزوغ فيزياء جديدة تمامًا؛ بما يعني أن المادة المظلمة أغرب مما كان يفترضه علماء الفيزياء، أو أن آثار الطاقة المظلمة تتغير بمرور الزمن.

وعلى النقيض من ذلك، يتساءل البعض عما إذا كانت الشموع المعيارية لا يُمكن الاعتماد عليها بالقدر الذي يعتقده علماء الفلك، أم من الممكن الاعتماد عليها. وقد قامت مهمة أخرى - تابعة لوكالة الفضاء الأوروبية، متمثلة في تليسكوب "جايا" Gaia - في أبريل الماضي بإطلاق خريطة ثلاثية الأبعاد لمجرّة درب التبانة، تتسم بدقة وعمق غير مسبوقين، ومن شأنها أن تساعد علماء الفلك على اختبار هذه المعالم الكونية، لكن علماء الفلك يرغبون – من الناحية المثلى - أن تكون لديهم وسائل أكثر مباشرة؛ لقياس المسافات خارج مجرّتنا.

«في حال استمرار وجود هذا الفارق، قد يشير ذلك إلى بزوغ فيزياء جديدة تمامًا».

وهنا تظهر موجات الجاذبية في المشهد، وهي مستعدة لمجابهة بعض التحديات الفلكية التقليدية بأدلة جديدة دامغة، كما ورد في تحقيق إخباري نُشر في دورية *Nature* بعنوان "موجات الجاذبية تحل أكثر ألغاز الكون غموضًا". وربما تساعد هذه الموجات أيضًا في حسم القضايا المحيطة بالتمدد الكوني، لكنْ على الجانب الآخر، هناك تحذير واجب؛ ألا وهو أن هذه الاحتمالات تخمينية وخلافية.

عندما يدور جرمان سماويان - مثل النجوم النيوترونية، التي شوهد اندماجها في أغسطس الماضي - في مسار حلزوني، أحدهما نحو الآخر، تنبعث منهما موجات جاذبية تحمل معلومات عن مسافتهما منا، ما يشكِّل "صافرة إنذار قياسية". وقد مكَّن هذا علماء الفيزياء في مرصد قياس تداخُل موجات الجاذبية بالليزر "ليجو" LIGO بالولايات المتحدة الأمريكية، من حساب ثابت "هابل". وحصلوا على قيمة مقدارها 70، أي في مكان وسط بين تقديرات الشموع المعيارية، وتقديرات إشعاع الخلفية الميكروي الكوني. ورغم أن نقطة بيانات مرصد "ليجو" تنطوي على هامش خطأ كبير، لكنْ مع قيام الباحثين بتجميع مزيد من هذه الأحداث، قد ينتهي الأمر إلى ميل النتائج في اتجاه ما.

وبشكل جوهري، يمكن لموجات الجاذبية أن تمكن الباحثين من قياس، ليس فقط، التمدد الكوني الحالي، لكن أيضًا كيفية تطوُّر معدل التمدد عبر العصور. في هذا السياق، سيفيد مشروعان قادمان تابعان لوكالة الفضاء الأوروبية بشكل كبير، خاصة إذا انطلقا في الوقت نفسه، كما يأمل كثير من الباحثين. و من شأن كاشف موجات الجاذبية "ليزا" LISA (وهو اختصار لاسمه "هوائي مقياس التداخل الليزري الفضائي") أن يكشف عن عمليات اندماج الثقوب السوداء على مدار تاريخ الكون. ويتوقع بعض علماء الفلك إمكانية أن يلتقط مرصد الأشعة السينية "أثينا" Athena (وهو اختصار لاسمه "التليسكوب المتطور للفيزياء الفلكية عالية الطاقة") فوتونات من الأحداث نفسها، ويساعد الباحثين على العثور على قِيم الانزياح نحو الأحمر، الخاصة بالمجرات المماثلة، رغم أن آخرين يعتبرون ذلك هدفًا بعيد المنال.

إن تحديد صافرات الإنذار القياسية بهذه الطريقة من شأنه أن يسلط الضوء على طبيعة الطاقة المظلمة، وهو الهدف الأكثر جذبًا لعلماء الكون، حيث يأملون أن يمدّهم ببعض الإرهاصات عن مستقبل الكون. ورغم أن التنبؤات بمستقبل طويل الأمد بدرجة لا نهائية لا تقع في نطاق العلم، فإنه ما زال بإمكان علماء الكون معرفة ما إذا كان التمدد الكوني سيستمر في التسارع في المستقبل المنظور، أم أن هذا التسارع سيزداد، أو يتوقف، أو ربما يتراجع. ■

مساعدات أفريقية في المجال البحثي

أبحاث الجينوم في أفريقيا تستفيد من مجموعة جديدة من المبادئ الأخلاقية.

عِلْم المروحيات، ورحلات سفاري لجمع العينات، وبحوث المظلات ... كلها مصطلحات ازدرائية، تُستخدَم لوصف ممارسات جمع العينات البيولوجية، أو القطع الأثرية، أو البيانات من الدول النامية، وتحليلها في دول أخرى، في ظل مشاركة هامشية من العلماء المحليين، أو عدم الإقرار بدورهم فيها. مثل هذه الممارسات تواجه - في أغلب الأحيان - تنديدًا من جهات التمويل والمعاهد البحثية في النصف الشمالي من العالم، إلا أن هذه اللغة لا تزال تظهر، خاصةً في تخصصات بعينها، مثل علم الجينوم، حيث لا تزال التكنولوجيا اللازمة لفك شفرة الحمض النووي بكميات كبيرة تتركز في الدول الغنية.

وفي علم الجينوم البشري، ثمة حثّ لضمان ارتكاز الأبحاث التي تُجرَى على العينات المُجمَّعة في دول نامية - تحديدًا في أفريقيا - على العلوم المحلية والمشاركة المجتمعية. ويتجلى أحد الأمثلة على ذلك في مبادرة "الوراثة والصحة البشرية في أفريقيا" H3 Africa التي تموّلها معاهد الصحة الوطنية الأمريكية، وصندوق "وِيلْكَم ترَاسْت" في لندن. فمنذ عام 2012، موّلت المبادرة مشروعات للجينوم، باحثوها الرئيسيون أفريقيون، مع إدارة العديد من هذه المشروعات محليًّا من العاصمة الكينية نيروبي.

ووفقًا لما ذُكر في شهر إبريل بدورية *Nature*، نشرت مجموعة "الوراثة والصحة البشرية في أفريقيا" مؤخرًا دليلًا للتعامل الأخلاقي مع أبحاث الجينوم وأعمال البنوك الحيوية في أفريقيا (انظر: https://doi.org/10.1038/d41586-018-04685-1). يهدف هذا الدليل إلى تمكين الباحثين ومسؤولي المجتمعات المحلية الأفريقية، وتوعيتهم بحقوقهم في المطالبة بمزيد من التحكم في كيفية جمع العينات، وتخزينها، واستخدامها. ويحتوي هذا الدليل أيضًا على قواعد المشاركة الخاصة بالمؤسسات غير الأفريقية التي تشترك مع أفريقيا، أو تمول أبحاثًا فيها. ويُعَد هذا الدليل مفيدًا، إضافة إلى أنه يستند إلى وثائق سياسات أخلاقيات معمول بها. وقد اعتُبِر الكثير من توصياته - مثل تجنب المشاركة الرمزية من جانب الباحثين الأفريقيين، وضمان استفادة المجتمعات التي تبرعت بالعينات من نتائج الأبحاث - ممارسات جيدة في هذا المجال لبعض الوقت، لكن في الواقع، لا تزال هذه الممارسات غير موجودة في أغلب الأحيان.

وحقيقة أن هذا الدليل مُستمَد من محادثات عميقة مع باحثين أفريقيين ومجالس مراجعة أخلاقية أفريقية تمنحه مزيدًا من الشرعية. فيمكن أن تتباين وجهات النظر حول ما إذا كانت المشاركات منصفة، أم لا، ومن الشائع أن يدشن الشركاء الشماليون مشروعات، باعتبارها نماذج مثالية في إنصافها، في حين يشكو المشاركون الأفريقيون في المشروعات نفسها من محدودية مشاركتهم، لكن هذا الإطار من المفترض أن يساعد في هذا الشأن، عن طريق السماح للشركاء المفاوضين بالاتفاق على ما يقولونه.

ولأن هذا الإطار أمر طوعي، فإن تأثيره سيعتمد على استخدام الجماهير المستهدَفة له. فيمكن للجان الأفريقية المختصة بأخلاقيات البحث، التي تترأس تطبيقات إجراء البحوث الجينية، استخدام هذا الإطار؛ لضمان أن تخدم قراراتها صميم مصالح الشعوب الأفريقية. ويستطيع الباحثون الأفريقيون أيضًا التعويل عليه، للتفاوض على شروط أكثر فائدة في المشاركات. كما يمكن لجهات تمويل الأبحاث تشجيع المتقدمين على النظر فيه عند تقديم المقترحات. وتستطيع الحكومات الأفريقية أن تستعين به، للتعريف بقواعدها التي توجه أبحاث الجينوم. وربما الأهم من ذلك هو أنه بإمكان المجتمعات الأفريقية الاطلاع عليه؛ لمعرفة ما يمكنها توقُّعه، أو حتى المطالبة به، من مشاركتها في الأبحاث.

وفي نهاية المطاف، يجب أن تتمثّل الأولوية القصوى للباحثين، والممولين، والمنظمين، وإخصائيي الأخلاقيات في احترام حقوق المجموعات البشرية موضع الدراسة، ومصالحها. ففي خضم التدافع من أجل دراسة الجينومات الأفريقية، يمكن بسهولة التغاضي عن مثل هذه الحقوق، خاصة في الدول التي تعاني من ضعف الحوكمة، أو تكون قواعد أخلاقيات البحث فيها متقادمة، أو تفتقر إلى جماعات مدافِعة عن حقوق المرضى. وبالتالي، فثمة حاجة ماسة إلى مشاركة أكبر من الحكومات والمجتمعات المدنية الأفريقية؛ وذلك لضمان أن تعمل أبحاث الجينوم على ما يخدم مصالح الشعوب، ولا تقتصر فقط على خدمة مصالح العلماء المشاركين، بغض النظر عن البلدان التي ينتمون إليها. ■

توجُّه نحو دراسة كل ما يُمرِضك

لتحسين الرعاية الصحية، ينبغي على الباحثين دراسة الأمراض وقت حدوثها؛ أي عند اقترانها بأمراض أخرى.

عندما سافرت الباحثة في مجال الصحة العامة، توليولاه أوني، من لندن إلى جنوب أفريقيا؛ لدراسة فيروس نقص المناعة البشرية، سرعان ما أدركت أن عليها توسيع نطاق اهتماماتها. إذ كان الأطباء هناك يتصارعون مع وباءين مرتبطين ارتباطًا وثيقًا، هما فيروس نقص المناعة البشرية، والسُّل. ونظرًا إلى أن الإصابة بهذين المرضين تحدُث في وقت واحد في الغالب، كان الأطباء الإكلينيكيون يعملون على دمج علاجهما.

غير أن أوني وجدت أن الكثير من مرضاها كانوا يواجهون مشكلة ثالثة. وفي هذا السياق تقول أوني: "بدأنا في فحص الأفراد الذين التزموا جيدًا بالعلاج، ولكن فوجئنا بأن أحدًا لم يكتشف أن قراءات ضغط الدم لدى هؤلاء الأشخاص كان مرتفعًا للغاية". ولمساعدة هؤلاء الأفراد على استعادة عافيتهم، كانت أوني بحاجة إلى معالَجة الأمراض غير المُعدية لديهم، مثل ضغط

الدم المرتفع، والسكري أيضًا. وتضيف أوني قائلة: "كنا نعالج حالات، لا أفرادًا". وواصلت أوني عملها لدراسة هذه الظاهرة في دائرة مرضاها (T. Oni *et al*. *BMC Infect. Dis*. **15**, 20; 2015Z)، وهي تأمل في أن تطبِّق الدروس المستفادة من الرعاية المتكاملة لفيروس نقص المناعة البشرية والسُّل على مجموعات أخرى من الأمراض المترافقة.

البشر مخلوقات معقدة، وقلما تكون مشكلاتهم الصحية مُقسمة بوضوح مثل الأمراض المنفردة التي يعكف العلماء والأطباء على دراستها. ويسرد تقرير صدر في 19 إبريل الماضي عن أكاديمية العلوم الطبية في المملكة المتحدة (انظر: go.nature.com/2jhmcvf) تحديات دراسة ومعالجة الأفراد الذين يعانون من حالات طبية متعددة، تُعرف باسم "الأمراض المترافقة" multimobridity. فقد أدى تنوّع تعريف الأمراض المترافقة، ومعدلات تكرارها في قطاعات سكانية مختلفة إلى تنوّع كبير في تقديرات انتشارها، إذ تتراوح ما بين 13% إلى 95% من المرضى على مستوى العالم. ويطرح التقرير قائمة بالتوصيات بشأن ما يستطيع مقدمو الرعاية الصحية فعله، للتصدي لمشكلة الأمراض المترافقة، والوقوف عند الثغرات المعرفية التي يجب سدها.

> «يبدو أن الأمراض المتزامنة تزداد في البلاد التي يتقدم فيها السكان في العمر».

هذا، ويجب أن يأخذ الباحثون حذرهم؛ فإذا كان لعملهم البحثي أن ينتقل إلى أرض الواقع، فينبغي أن يحوّل مزيد من العلماء - سواء في العيادات، أم المختبرات - انتباههم إلى التفاعلات بين الأمراض.

يبدو أن الأمراض المترافقة تزداد في البلدان التي يتقدّم فيها السكان في العمر، ومن ثم يعيش المزيد من الناس فيها بأمراض مزمنة، وكذلك في البلدان التي تواجه أمراضًا مزمنة مُعدية، مثل فيروس نقص المناعة البشرية. ولذا، يجب أن يعيد مقدمو الرعاية الصحية النظر في ميل الأطباء إلى التخصص في أمراض بعينها، في الوقت الذي ربما يكون من الأفضل فيه تسليحهم بالقدرة على التعرّف على مجموعة من الحالات ومعالجتها.

لطالما ركزت التجارب الإكلينيكية على الأمراض المنفردة. وفي الغالب تستبعد هذه التجارب المشاركين الذين يعانون من حالات أخرى؛ من أجل زيادة فرص الحصول على مجموعة بيانات أكثر وضوحًا (والحدّ من مخاطر الضرر غير المقصود). لكن هذا الوضع بدأ يتغير، كجزء من مبادرة قام بها الباحثون للضغط من أجل تخفيف شروط الأهلية للكثير من التجارب الإكلينيكية. ويتزايد تركيز الباحثين كذلك على تكملة البيانات المستقاة من التجارب الإكلينيكية المضبوطة بعناية بـ"أدلة واقعية"، وهي بيانات أكثر تعقيدًا، تُجمَع من الأفراد الذين ربما يأخذون العديد من العلاجات، ويتعاملون مع حالات مرضية متعددة. وتُعَد هذه النوعية من الدراسات طريقة جيدة لبدء فَهْم آثار الأمراض المترافقة. وفي العدد الأول من شهر مايو من دورية *Nature*، وصف مقال في قسم "رؤية كونية" كيفية التأكد من دمج الأفراد الذين يعانون من اضطراب القلق ومضاعفات أخرى في البحوث الإكلينيكية لعلاج الآلام.

لا يزال هناك المزيد مما ينبغي فعله؛ فكما يوضح التقرير، ينبغي على الباحثين الإكلينيكيين تحديد سمات الأمراض المترافقة في جميع أنحاء العالم، مع فحص الحالات التي تزداد احتمالات تزامنها، والقطاعات السكانية التي تصاب بهذه الحالات. وتوضح الأدلة بالفعل أن هذا الأمر يختلف اختلافًا جذريًّا باختلاف الموقع والثروة، فعلى سبيل المثال، ربما تزداد احتمالات إصابة الأفراد الأكثر حرمانًا في الدول الغنية بأمراض مزمنة متعددة. في حين أنه في الدول الأكثر فقرًا، قد يكون الأفراد الأكثر ثراءً هم الأكثر عرضة للإصابة بحالات متعددة.

يمكن أن يحدد هذا النوع من الدراسات مجموعات الأمراض الأكثر انتشارًا وضررًا، ومن ثم، يساعد على توجيه تركيز البحوث الأساسية، إذ يميل علماء المختبرات أيضًا إلى التركيز على كل مرض على حدة، حتى إذا كان عملهم في بعض الأحيان تَنْتُج عنه آراء ثاقبة بشأن مجموعة من الحالات. لذا، فإنه يتعين توجيه مزيد من الجهود إلى دراسة توليفات معقدة من الأمراض، وطرق تفاعلها وتفاعل علاجاتها. فعلى سبيل المثال، توضح دراسات الشيخوخة بالتفصيل أسباب الالتهابات، وتأثيرها على أعضاء متعددة في الجسم (M. N. Bouchlaka *et al*. *Exp. Med*. **210**, 2223-2237; 2013).

يتطلب ذلك دعمًا من الجهات الممولة، واعترافًا أوسع نطاقًا بأن المشروعات الأسهل في التطبيق، التي تتمخض عن أكثر النتائج وضوحًا وأسهلها تفسيرًا، ربما لا تكون الأجدر بالتمويل. فدراسة الأمراض في مجموعات أمرٌ بالغ الصعوبة، لكن الأدوات الحاسوبية والمختبرية تتوفر بصورة متزايدة للتعامل مع مجموعات البيانات المعقدة، واستخلاص المعنى من البيانات المعقدة.

وبالفعل، شرعت جهات مموِّلة في اتخاذ خطوات في هذا الاتجاه؛ إذ ستنظر ورشة عمل قادمة - سيعقدها صندوق "ويلكم تراست" الخيري بالمملكة المتحدة، ومجلس البحوث الطبية بالمملكة المتحدة، ومنظمات أخرى - في الكيفية التي يمكن للأبحاث من خلالها تحسين التعامل مع الأمراض المترافقة. وينبغي تعزيز هذه الخطوة في السنوات القادمة، فالوعي بالأمراض المترافقة يزداد باطراد، ولكنْ يبقى السؤال: ما هي الطريقة المُثلى للتعامل معها؟ ■

منتجو الألومنيوم يعدون بعملية انصهار أفضل

شراكة صناعية وتقنية جديدة تعدان بظهور طريقة أكثر ملاءمة للبيئة لصناعة الألومنيوم.

على مدار العام الماضي، بلغ الإنتاج العالمي للألومنيوم أكثر من 63 مليون طن، دخلت في جميع الصناعات، بدءًا من رقائق القصدير التي تُستخدم في المطابخ، والعلب، حتى صناعة الطائرات. تتميز هذه المادة الفلزية بخفة الوزن، وقابلية إعادة تدويرها بالكامل، وقوتها المدهشة. والآن، تقول شركتان رائدتان في صناعة الألومنيوم إن هذه الصناعة ستغدو قريبًا نظيفة وصديقة للبيئة، لكنْ على غرار السيارات الكهربائية، لا يمكن لصناعة الألومنيوم أن تكون – في أحسن الأحوال - أكثر نظافة من مصدر الطاقة الذي تَعتمِد عليه.

في العاشر من مايو، انضمت شركة «ألكوا» Alcoa الأمريكية إلى شركة «ريو تينتو» Rio Tinto البريطانية الأسترالية؛ للإعلان عن تدشين مشروع شراكة جديد، يحمل اسم "إليسيس" Elysis. يهدف هذا المشروع - ومقره مونتريال في كندا – إلى طرح تكنولوجيا منخفضة الكربون؛ لصهر الألومنيوم بحلول عام 2024. ولا شك أن العالم سيستفيد في حالة حدوث ذلك؛ إذ يُعَد إنتاج الألومنيوم مسؤولًا عن 1% من المعدل العالمي لانبعاثات غازات الدفيئة كل عام، أي ما يعادل تقريبًا حجم الانبعاثات في فرنسا في عام 2016. تتم العملية على خطوتين: الأولى هي تنقية مسحوق أكسيد الألومنيوم من خام البوكسيت، والثانية تحويله إلى ألومنيوم في مصاهر. وينتج إجمالي البصمة المناخية لهذه الصناعة عن عملية الصهر، التي تتطلب كميات هائلة من الكهرباء. كما يأتي أكثر من نصف إجمالي انبعاثاتها - بصورة غير مباشرة - من عملية إنتاج الكهرباء نفسها.

وهُنا تكمن الفرصة؛ حيث يأتي ما يقرب من 20% من الانبعاثات من إنتاج وتَحَلُّل أقطاب الكربون الموجبة المستخدَمة في توصيل الكهرباء في أثناء عملية الصهر. وهُنا ينصب تركيز العملية المطروحة.

إنّ التفاصيل المعلَنة ضئيلة للغاية؛ لكنْ لن يفاجأ مراقبو صناعة الألومنيوم لدى سماع أن تقنية "إليسيس" تركز على مسألة قديمة، وتنطوي على قطب موجب خامل يخضع لملكيتها الخاصة، وهو في الغالب مركّب خزفي. وبدلًا من إطلاق ثاني أكسيد الكربون، والهيدروكربونات المشبعة بالفلور، ينبعث منه الأكسجين. ومن شأن ذلك أن يقضي نهائيًّا على انبعاثات الكربون المباشرة، لكنه يتطلب كهرباء أكثر. ومع ذلك، إذا تم إقرانه بأقطاب سالبة بديلة، وتصميمات جديدة للخلية الإلكتروليتية؛ فسيكون من الممكن تقليل استهلاك الكهرباء.

وتزعم شركة «ألكوا» أنه إذا تم تطبيق هذه التقنية بشكل كامل في جميع المصاهر الكندية، فإنها ستقلل من الانبعاثات بحوالي 6.5 مليون طن سنويًّا. كل ذلك يبدو جيدًا؛ لكنْ ليست هذه هي المرة الأولى التي تتحدث فيها شركة كبرى منتِجة للألومنيوم عن تقنية صهر ثورية. فعلى سبيل المثال، يبدو أن شركة «يو سي روسال» UC Rusal الروسية ظلت لعدة سنوات على أعتاب تطوير الأقطاب الموجبة الخاملة، لكن جهود شركة «ألكوا» تعود إلى عدة عقود مضت، تضمنت دفعة كبرى حدثت حول عام 2000. كما أعيت هذه المشكلة الأكاديميين والباحثين الحكوميين لفترة طويلة.

تستحق هذه الصناعة الإشادة، لمواصلتها الاستثمار في البحث والتطوير طويل الأمد، ولعدم الاستسلام عند التعثر في أي مشكلة صعبة، لكنْ حتى إذا ما نجحت "إليسيس"، فإن إنتاج الألومنيوم سيظل مصدرًا للانبعاثات الناجمة عن عمليات التعدين، ومعالجة أكسيد الألومنيوم، والنقل. والشيء الذي تستطيع هذه الصناعة عمله هو التأكد من قيام الشركات والمستهلكين بإعادة تدوير أكبر كمية ممكنة من الألومنيوم؛ إذ لا يحتاج إلى الصهر. ويبقى السؤال الأكثر تعقيدًا هو: من أين يحصل المنتجون على الكهرباء؟

بدأت الشركات بالفعل في تحديد مواقع مصاهر الألومنيوم بالقرب من مرافق توليد الطاقة الكهرومائية، التي توفر طاقة رخيصة نسبيًّا، ويمكن الاعتماد عليها. كما نقلت شركة «ألكوا» بعض عمليات الصهر الخاصة بها من الولايات المتحدة إلى أيسلندا، التي توفر كهرباء حرارية أرضية رخيصة. وفي النهاية، لا تختلف شركتا «ألكوا»، و«ريو تينتو» عن غيرهما؛ فهما تحتاجان إلى مصدر موثوق للطاقة منخفضة الكربون، من أجل الحد من تأثيراتهما على المناخ، فكلما قلت التكلفة؛ كان الوضع أفضل. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:
go.nature.com/nqvdkp



CLIVE SHERLOCK

استغلال بياناتنا الشخصية للصالح العام

يرى **هيتان شاه** أنه يجب على عمالقة التكنولوجيا التعلّم من مشروع الجينوم البشري، وأن تكون مستضيفة للبيانات، لا مالكة لها.

يجلب علم البيانات إمكانيات هائلة للصالح العام، مثل تحسين تقديم الخدمات العامة، بل وتعقُّب مظاهر العبودية الحديثة، ومحاربتها أيضًا. ولا عجب أن الباحثين في جميع أنحاء العالم - ومنهم أعضاء المنظمة التي أنتمي إليها، وهي الجمعية الإحصائية الملكية في لندن - قد أُحْبِطوا عند قراءتهم عناوين الصحف المتعلقة بكيفية تعامل فيسبوك وشركة تحليل البيانات «كامبريدج أناليتيكا» مع البيانات الشخصية للمستخدمين. فنحن نعلم أن الجدارة بالثقة هي أساس الدعم العام للابتكار في مجال البيانات، وقد رأينا للتو ما يحدث عند فقدان هذه الثقة.

إنّ الادعاءات بأن شركة كامبريدج أناليتيكا قد حصلت على بيانات عشرات الملايين من الأشخاص من موقع فيسبوك - في ظروف لا تزال تخضع لتحقيق العديد من الهيئات التنظيمية - واستخدمت هذه البيانات لتوجيه إعلانات سياسية في انتخابات الرئاسة الأمريكية في عام 2016، قد أدت إلى موجة غضب عارمة ضد التكنولوجيا. وأدّى ذلك إلى حدوث انخفاض قدره 60 مليار دولار أمريكي في قيمة شبكة التواصل الاجتماعي العملاقة، وزيادة في عدد الأشخاص الذين يبحثون عن كيفية حذف حساباتهم منها.

وهناك أسباب كثيرة وراء موجة الغضب هذه، غُفِل عنها، رغم وضوحها للعيان. فالعديد من نماذج العمل التي تتبعها شركات البيانات يعتمد على استخلاص بياناتنا الشخصية، وبيعها.

والسؤال الآن، ما الذي يمكن فعله لاستعادة هذه الجدارة بالثقة؟ يجب أن تقدم شركات وسائل التواصل الاجتماعي أكثر من مجرد اعتذار، وتتعهد بتحسين أنظمة الحماية على منصاتها، وضمان استخدام البيانات المُجمَّعة منها للصالح العام.

تثير هذه الموجة من الغضب ضد التكنولوجيا عدة مخاوف؛ منها حماية الخصوصية. وقد أشار البعض إلى أن هذه الحماية تتطلب تعزيز ملكيتنا لبياناتنا؛ عن طريق السماح للناس باختيار درجات استخدام البيانات أو بيعها. وهذا الرأي يثير معضلة؛ إذ يفترض أن "البيانات الخاصة بي" هي بيانات أملكها، على أن الكثير من البيانات الشخصية يُنتَج عن تفاعلات مع أشخاص آخرين، أو خدمات أخرى، فإذا كانت لديَّ علاقة مع شخص ما، فمَنْ منا يملك هذه البيانات؟ والسؤال الأفضل هنا هو: ما مدى أحقية كل منا بالخصوصية؟ وإنني لأشكّ كذلك في أن يحقِّق تقديم المزيد من خيارات الملكية كثيرًا من التغيير. فعدد قليل نسبيًّا من الأشخاص يفتشون عن الأفضل بين شركات البثّ التلفزيوني السلكي، أو يفاضلون بين شركات الطاقة التي تقدّم أفضل الأسعار أو الخدمات. فلماذا قد يكونون أكثر نشاطًا فيما يخص البيانات؟ في النهاية، هذا النموذج من ملكية البيانات سيعزز عدم المساواة، وسيحظى ميسورو الحال والمطّلعون بالحماية، في حين ستُترَك الفئات الضعيفة عرضة للتخلي عن بياناتهم.

تُعَد اللوائح التنظيمية الذكية للخصوصية طريقة أفضل للحدّ من الاستخدام غير السليم للبيانات الشخصية. ويحقق الاتحاد الأوروبي تقدمًا كبيرًا من خلال تطبيق سياسته الجديدة "اللائحة التنظيمية لحماية البيانات العامة"، ومن المقرر أن تدخل حيز التنفيذ في شهر مايو 2018، وتمنح دول الاتحاد الأوروبي صلاحيات أقوى للتعامل مع حالات اختراق البيانات. وفي هذا المجال، يمكن أن تتعلم الولايات المتحدة من أوروبا. وعلى نطاق أوسع، ثمة حاجة إلى تعزيز اللوائح والجهات التنظيمية للمعلومات في جميع أنحاء العالم. فالعديد من السياسات قد وُضعت عندما كان جمع البيانات الشخصية واستخدامها بلا الأهمية. وعلى وجه التحديد، لوضع أفضل السياسات وتنفيذها، يجب أن تكون الجهات التنظيمية قادرة على دفع رواتب تنافسية لاستقطاب المواهب التقنية، وإلا فستخاطر بخسارة هذه المواهب لصالح الشركات العملاقة التي تحتاج إلى تنظيم.

وثمة مسائل أخرى على المحك بخلاف الخصوصية؛ فقد أصبحت شركات مثل فيسبوك، وغيرها من شركات وسائل التواصل الاجتماعي، شركات مقدِّمة للمعلومات (والمعلومات الخاطئة)، من شأنها أن تؤثر على الديمقراطية في بلادنا. وينبغي على هذه الشركات ضمان عدم ترويج خوارزمياتها لمعلومات خاطئة في صورة محتوى مثير مُضلِّل. فمن مصلحة فيسبوك دعم نظام ينشئ محتوى موثوقًا لتغذية تفاعلات المستخدمين. ويمكن أن تحقق شركة فيسبوك الكثير من النفع، إذا خصصت 1% فقط من أرباحها في صندوق ائتماني مستقل لتمويل وسائل الإعلام الجيدة، لا سيما وسائل الإعلام المحلية، والجهات المعنية بتقصي الحقائق.

وثمة مسألة أخرى تتعلق بالديمقراطية، وهي الإعلانات السياسية دقيقة الاستهداف. أمّا الادعاءات بأنّ شركة كامبريدج أناليتيكا قد استغلت قدرتها على استخدام هذا التكتيك، لتغيير آراء الناس حول القضايا السياسية، فمُبَالَغ فيها على الأرجح، إذ لا يُعَد الاستهداف الدقيق أمرًا غير أخلاقي في حد ذاته، وإنما تكمن المشكلة في الشفافية التامة؛ إذ لا يمكننا أن نمارس الديمقراطية في الخفاء.

> يجب أن تعمل شركات البيانات على **تعزيز** إمكانية استخدام **البيانات** للصالح العام

يوجد شعور كذلك بالقلق من أن تصير شركات التكنولوجيا جهات مُحتكِرة للبيانات، لا تخضع لأي رقابة. وسيكون من الصعب حَلّ هذه الشركات، لأننا سنفقد بذلك الفوائد المتشابكة التي نحصل عليها منها كمستهلكين، فكيف إذَن يمكننا ضمان استخدام البيانات من أجل الصالح العام، بدلًا من المكسب الخاص المحض فحسب؟

وفيما يلي نقدم اقتراحين لتحقيق هذا الهدف:

الاقتراح الأول هو أنه ينبغي على الحكومات سنّ تشريعات تسمح للمكاتب الإحصائية الوطنية بالحصول على صلاحية وصول بهوية مُجهَّلة إلى مجموعات كبيرة من بيانات القطاع الخاص في ظل شروط محددة صراحةً. وكان هذا البند جزءًا من قانون الاقتصاد الرقمي في المملكة المتحدة، الصادر في العام الماضي، وسيسهل على مكتب المملكة المتحدة للإحصاءات الوطنية تقييم الاقتصاد والمجتمع؛ من أجل الصالح العام.

أما اقتراحي الثاني، فمستوحى من إرث جون سولستون، الذي توفي في مارس الماضي. فقد عُرِف سولستون بنجاحه في الدفاع عن إمكانية الوصول المفتوح لمشروع الجينوم البشري لمجتمع العلوم، في الوقت الذي سعى فيه أحد منافسيه إلى تعيين تسلسل الجينوم أولًا، والاحتفاظ بالملكية الخاصة للبيانات.

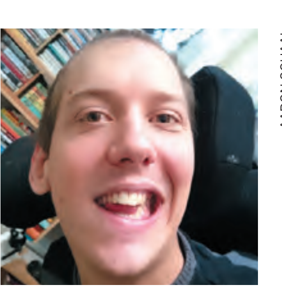
علينا أن نبحث – على غرار سولستون - عن طرق لجعل البيانات متاحة للمصلحة المشتركة. ومعروف أنّ صلاحية حقوق الملكية الفكرية تنتهي بعد فترة زمنية محددة، فماذا لو سُمِح لشركات التكنولوجيا – بالمثل - باستخدام البيانات التي تجمعها لفترة محدودة فقط، ولتكن خمس سنوات؟ وبعد ذلك، يمكن أن تعود البيانات إلى مؤسسة خيرية وطنية توفر فرص الوصول إليها لباحثين مُعتمَدين، يخضعون لعمليات مساءلة وتدقيق تضمن استخدام البيانات من أجل الصالح العام.

بهذا، ستتحول شركات التكنولوجيا من مالكة للبيانات إلى مستضيفة لها. ■

هيتان شاه المدير التنفيذي للجمعية الإحصائية الملكية، وأستاذ زائر في معهد السياسات بجامعة كينجز كوليدج في لندن.
حسابه على "تويتر": @HetanShah

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث



AARON SCHAAL

يجب على العلم أن يهبّ لدَعْم مَن هم مِثلي

يرى **آرون شول** أن المؤسسات العلمية يمكنها تقديم المزيد لدعم الباحثين ذوي الإعاقات.

تَصادَف أن يكون موضوع دراستي مشابهًا لذلك الذي شغل الفيزيائي ستيفن هوكينج خلال معظم حياته. وكما كان يفعل هو، أحتاج إلى التكنولوجيا للتواصل، وإلى مساعد شخصي دائم على مدار الساعة؛ كي أعيش مستقلًّا؛ حيث لا أستطيع التحكم بشكل تام، سوى في حركات عيني. توفِّر لي عائلتي والمشرفون عليّ، وكذلك نظام الرعاية الصحية الألماني، الدعم الأساسي الذي أحتاج إليه. وقد جددت وفاة هوكينج في شهر مارس الماضي التركيز على التسهيلات الخاصة بالمعوقين في مجال العلوم. مِن واقع تجربتي، أرى أن هناك العديد من العقبات في الأوساط الأكاديمية التي تعترض الأشخاص الذين يعانون من ظروف صحية بدنية أو عقلية، والذين لديهم الكثير ليقدموه إلى مجال العلوم.

ولكوني طالب دكتوراة في الفيزياء الرياضية، أبلغ من العمر 27 عامًا، فإنني أدرس سبب تحرُّك الزمن في اتجاه واحد فقط. وأعتمد في دراساتي على نموذج رياضي بسيط للغاية، يتكون من جزيئات كلاسيكية تتفاعل مع بعضها البعض من خلال الجاذبية. ومن شأن ذلك أن يسفر عن أفكار لشرح مفهوم "سهم" اتجاه الزمن.

منذ أن كنتُ في الثانية من عمري، وأنا أعاني من خلل التوتر العضلي العام، وهو بمثابة شذوذ في التوتر العضلي، ناجم عن مرض استقلابي نادر، يُدعى بيلة حمض الجلوتاريك من النمط الأول. وللتواصل والكتابة أستخدِم جهازًا لتعقُّب حركة العين ملحق بجهاز الحاسوب الخاص بي، أو لوحة زجاجية ذات ألوان ترميزية، صممتها بنفسي، وهي تحتوي على أحرف لاتينية ويونانية، وكذلك أرقام ورموز رياضية. وقد تعلَّم العديد من زملائي أن "يستمعوا" إليّ عن طريق تتبُّع أيّ من الرموز الموجودة على اللوحة أنظرُ إليه. في البداية، كان الأمر يحتاج إلى ما يقرب من نصف ساعة لفهم جملة واحدة، لكنْ مع التدريب أصبحت تلك العملية سريعة نسبيًّا؛ خاصة إذا ما كان شريكي في المحادثة يعرف سياق الحديث. فعلى سبيل المثال، يستغرق هذا النوع من التواصل مع مستشاري للدكتوراة حوالي ثلاثة أمثال الوقت المطلوب لفهم أي حديث عادي.

وعند التواصل مع أشخاص لا يمكنهم استخدام اللوحة، أعتمِد على جهاز تعقُّب حركة العين الخاص بي، الذي يمكنه توليد أصوات مركبة بلغات مختلفة، أو أستعين بمساعدين شخصيين. يسمح لي جهاز تعقُّب حركة العين أن أكتب بمعدل حرفين في الثانية، على افتراض أنني أعرف بالضبط ما أريد كتابته، وأنّ جهاز تعقب حركة العين الخاص بي مضبوط ومُعايَر على النحو الأمثل، وأن برنامج التنبؤ بالكلمات يعمل بشكل جيد. لذا، لإلقاء محاضرة، أقوم بصياغة كل شيء أولًا في جُمَل كاملة، كي يتمكن مساعدي - أو جهاز الحاسوب المحمول الخاص بي - من قراءتها بصوت عالٍ.

وخلال دراستي الجامعية، كان عليَّ أن أطلب ترتيبات تيسيرية، مثل الحصول على وقت إضافي في الامتحانات. ونادرًا ما كان أساتذتي يعرفون كيف يتصرفون، حيث لم يلتق معظمهم بأي شخص يعاني من إعاقة من قبل، بل إن بعضهم لم يكن يتخيل كيف سأتمكن من خوض الامتحانات أصلًا. تحسنت الأمور، بعدما تعرَّف المزيد من الأساتذة عليّ. وقد دعمني بقوة المشرفون على رسالة درجة البكالوريوس الخاصة بي، ودرجة الماجستير وأعمال الدكتوراة التي تتضمن التعامل مع قدر من البيروقراطية. وخلال عملي كمدرس مساعد، حظيتُ بمعاملة جيدة للغاية؛ حيث أقوم بإنشاء ورق التدريبات، وتنظيم برامج تعليمية، وصيانة الموقع الإلكتروني الخاص بسلاسل محاضرات المقرر الدراسي. وهذه كلها أشياء يمكنني القيام بها من المنزل، خاصة إذا لم يكن بإمكاني الخروج. وكل هذا يوضح أن الحلول الفردية موجودة، إذا ما كانت الجامعة ترغب في إيجادها حقًّا.

وفي عام 2015، شاركتُ في تأسيس شبكة "كرونيكالي أكاديمِك" Chronically Academic، وهي شبكة عالمية تربط الأكاديميين الذين يعانون من إعاقات أو ظروف صحية مزمنة. يستضيف موقعنا الإلكتروني، الذي أنشأته وأقوم على صيانته، موارد مخصصة للأفراد والمؤسسات (انظر: https://chronicallyacademic.org). وفي العام الماضي، نشرنا سلسلة من المقالات حول الأمراض المزمنة في الأوساط الأكاديمية، في دورية "ذا سوشيولوجيكال ريفيو" *The Sociological Review*. كما شارك بعضنا في مارس الماضي في تنظيم مؤتمر بكلية لندن الجامعية، حمل اسم "التمييز ضد المعاقين في الأوساط الأكاديمية" Ableism in Academia. واليوم، لدينا حوالي 150 عضوًا نشطًا يقدمون دعمًا لأقرانهم، ويعملون على رفع الوعي.

تُظْهِر تجاربنا أن خوض مسار مهني بحثي أمر ممكن، إذا كنتَ ترغب فيه حقًّا، وتتلقى دعمًا من عائلتك والمشرفين عليك وزملائك؛ لكن يمكن للمسألة أن تصبح أسهل بعض الشيء. وغالبًا ما يُتوقع من الأكاديميين أن يتنقلوا عبر البلدان أو القارات، الأمر الذي قد يكون صعبًا على بعض الأشخاص من ذوي إعاقات معينة. وحتى أولئك الذين يبقون في مكان واحد، يجب أن يحضروا المؤتمرات. فالسفر بالطائرة مستحيل بالنسبة لي؛ حيث لن تتقلني طائرة تجارية عادية بكرسيّي المتحرك. ولكي أسافر، فأنا أحتاج إلى مساعدَين شخصيين على الأقل، بالإضافة إلى مجموعة من المعدات التقنية والطبية. تتكلف الرحلة الممتدة لأسبوع إلى مدينة توبنجن (التي يستغرق السفر إليها 3-4 ساعات بالسيارة من منزلي في ميونخ) ما بين 3 آلاف و5 آلاف دولار أمريكي. يمكنني التقدم بطلب إلى العديد من سلطات الرعاية الصحية الألمانية، أو إلى جامعتي؛ لتغطية التكاليف، لكن هذا يستغرق وقتًا طويلًا، وليس سلسًا على الإطلاق، كما أن نجاح ذلك غير مضمون.

> المسار البحثي أمرٌ ممكن، إذا رغبتَ فيه وتلقيت دعمًا، لكن يمكن أن يكون أسهل بعض الشيء

وبمجرد الوصول إلى هناك، لا يمكن دائمًا الوصول إلى أماكن الفعاليات. فقد نِمْتُ على الأرض ذات مرة، عندما لم يكن هناك سوى أَسِرّة مرتفعة. وقد مر زملائي بقصص مشابِهة؛ ففي مؤتمر حول الإشراك والشمول، لم يكن بالإمكان الوصول إلى دورات المياه، إلا عن طريق السلالم، ولم يضع منظمو المؤتمر ألواحًا فوق الدَّرَج في المدخل؛ لإتاحة دخول الكراسي المتحركة، إلا بعد رفض أحد العلماء المدعوين حَمْله للدخول به إلى المؤتمر. كما قام شخص آخر بتغيير جامعته، بعد تعرُّضه لمضايقات مستمرة من مشرفيه وزملائه، بسبب حركات وجهه غير الإرادية، فيما غادر آخر عندما رفضت أقسام الجامعة حتى مناقشة مسألة منحه ترتيبات تيسيرية.

تختلف الاحتياجات من شخص إلى آخر، فحاجتي الرئيسة هي تسهيل الوصول بكرسيّي المتحرك، بينما يحتاج آخرون إلى مترجمين للغة الإشارة. ومن ثم، يجب أن يتضمن تنظيم أي مؤتمر دعوة الحاضرين إلى تحديد ما إذا كان لديهم أي احتياجات خاصة، والعمل على استيعابها. كما يجب على المؤسسات تقديم وتعزيز التدريب حول كيفية دعم الطلاب والموظفين. ومن شأن عقود العمل الأكثر مرونة - التي تشمل العمل لساعات مخفضة، أو من مكتب في المنزل - أن تشكل تحسنًا هائلًا. كما أن المِنح الدراسية، والمساعدة الإدارية لتغطية التكاليف الإضافية للسفر والمساعدة يمكنها أن توسع نطاق الفرص المتاحة. وينبغي أن تكون المؤتمرات متاحة حقًّا لجميع المشاركين.

ومِن دون تلك التغيرات، ستبقى الإعاقات خارج نطاق الرؤية، وخارج التفكير في مجال العلوم، ما سيجعلها أكثر اتساقًا وأقل إثارة للتعاطف؛ وتلك خسارة فادحة. ومثلما أَوْضَح ستيفن هوكينج من قبل بشكل كبير ومؤثر؛ مِن الممكن أن يستفيد مجال الأبحاث من وجود قوة عاملة أكثر تنوعًا. ■

آرون شول طالب دكتوراة في الفيزياء الرياضية بجامعة لودفيج ماكسيميليانز في ميونخ، ألمانيا.

البريد الإلكتروني: schaal@math.lmu.de

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أضـواء على الأبحـاث

مقتطفات من الأدبيات العلميـة

علم الفلك

لحظة تألق نجم يحتضر

كان الانبعاث المفاجئ لضوء ساطع - وسريع الزوال - في مجرّة تقع على بُعْد 410 ملايين من الفراسخ الفلكية هو ضوء مستعر أعظم، وهو المستعر الأعظم الأقصر عمرًا، الذي يتم رصده إلى الآن.

عادةً ما يظل وهج المستعر الأعظم - الذي يتشكل عندما ينفجر نجم ضخم في نهاية حياته - مرئيًّا لعدة أسابيع. استخدم أرمين ريست، من معهد علوم تليسكوب الفضاء في بالتيمور بولاية ميريلاند، وزملاؤه بيانات رصد المركبة الفضائية "كيبلر"، التابعة لوكالة "ناسا"؛ لتحديد مستعر أعظم في عام 2015، قفز إلى ذروة السطوع في 2.2 يوم فقط. وبعد أقل من 5 أيام، انخفض سطوع هذا المستعر الأعظم، الذي أُطلق عليه اسم KSN 2015K، إلى النصف، ما يجعله أقصر المستعرات المكتشفة عمرًا. وفي غضون ثلاثة أسابيع أخرى، كان قد تلاشى عن الأنظار.

وعادةً ما يعصف بالمادة الخارجية للمستعر الأعظم إلى الفضاء، لكن المادة الخارجية للمستعر KSN 2015K انجرفت - على ما يبدو - إلى غلاف كثيف من الغاز، الذي انساب من النجم في السابق في أثناء احتضاره. وكتب الباحثون في بحثهم أن الزيادة السريعة في السطوع ربما نجمت عن مثل هذا التصادم.

***Nature Astron*. http://dx.doi.org/10.1038/s41550-018-0423-2 (2018)**

DMITRY SEREBRYAKOV/TASS/GETTY



علم الأحياء الخلوي

الخلايا التي تمنح الخصلات تجعّدها

إن طول أنواع محددة من الخلايا وتوزيعها يمنحان الشعر المجعد لفائفه المميزة.

ولتحري السبب وراء تجعد الشعر، فحص دواين هارلاند، من معهد "إيه جي ريسيرش" في لينكولن بنيوزيلندا، وكينزو كويكي، من شركة «كاو» في طوكيو، وزملاؤهما مئات من قصاصات الصوف من أغنام المارينو (في الصورة). تتكون الألياف المجعدة من نوعين من الخلايا مغزلية الشكل: خلايا قشرية داخلية تبطن الجزء الداخلي من التجاعيد، وخلايا قشرية خارجية تغلف الجزء الخارجي من التجاعيد.

وجد الباحثون أن الخلايا القشرية الداخلية في الشعر المجعد أقصر من الخلايا القشرية الخارجية. ويؤدي الفرق في أطوال الخلايا على كل جانب من ليف الشعر إلى تجعده.

وتتناقض هذه النتائج - التي ربما تنطبق على شَعر الإنسان أيضًا - مع نظرية أن الشعر يتجعد عندما يحتوي على عدد أكبر من الخلايا في الجزء الخارجي للشعرة من الجزء الداخلي لها.

***J. Exp. Biol*. 221, jeb172312 (2018)**

علم البصريات والكهرباء الضوئية

جهاز ليزر خفيف قابل للتشكيل

يمكن لصق جهاز ليزر - على شكل غشاء مرن، وخفيف الوزن - على مجموعة متنوعة من الأشياء، مثل الأوراق النقدية، والعدسات اللاصقة، والأظافر.

يمكن للمهندسين أن يصنعوا بسهولة صمامات ثنائية باعثة للضوء، مطاطة، وقابلة للثني، من البوليمرات الكربونية، لكن أجهزة الليزر البوليمرية الأولية غالبًا ما تكون صلبة وكبيرة. ويرجع ذلك جزئيًّا إلى أنها تتطلب سطح دعم مسطحًا وسميكًا. وقد قام مالتي جاذر وزملاؤه - بجامعة سانت أندروز في المملكة المتحدة - بتصميم جهاز ليزر بوليمري مرن، سمكه أقل من ميكرومتر واحد. وقام الباحثون بعد ذلك برفع "الغشاء" الليزري هذا عن الركيزة الداعمة له، ونقله إلى سطح جديد، حيث يقوم مصدر خارجي بمدّ الجهاز بالطاقة.

يمكن ضبط الليزر الناتج، لينبعث منه الضوء بمزيج فريد من الأطوال الموجية؛ ما يجعله مفيدًا كعلامة أَمْنِيّة تشبه كود التعريف (الباركود). ويقول الباحثون إن الواسمات الليزرية هذه قد تزيد من صعوبة تزوير الأوراق النقدية، وقد تساعد على التحقّق من وثائق الهوية.

***Nature Commun*. 9, 1525 (2018)**

الفيزياء التطبيقية

حل لغز قشر البيض

إن قشرة البيض متينة بما فيه الكفاية لحماية فرخة نامية، لكنها تلين باقتراب وقت الفقس، حتى يتمكن الفرخ من ثقبها. ولمعرفة كيفية تحقيق القشرة لهذا التوازن، درّس مارك ماكي، من جامعة ماكجيل في مونتريال بكندا، وزملاؤه بروتين أوستيوبونتين، الذي يربط كربونات الكالسيوم بالقشرة.

اكتشف الفريق أنه في قشور بيض الدجاج (*Gallus gallus*)، تحتوي الطبقتان الخارجيتان على كمية من بروتين أوستيوبونتين أكبر من الطبقة الداخلية الحلمية اللينة. فمقارنة بالطبقة الحَلَمية، تحتوي الطبقات الغنية ببروتين أوستيوبونتين على هياكل أصغر نانومترية الحجم من كربونات الكالسيوم، ما يجعلها أصلب وأعلى كثافة.

في نهاية فترة الحضانة، تتقلص الهياكل النانوية في الطبقات الحَلَمية والوسطى. وهذا يضعِف القشرة؛ ليتم الفقس، ويحرر الكالسيوم الذي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يساعد بعد ذلك على تعزيز الهيكل العظمي للفرخ.
***Sci. Adv.* 4, eaar3219 (2018)**

الهندسة

معادلة انتفاخ الإسفنج

تمتص إسفنجة المطبخ الماء إلى أعلى، عن طريق ملء ثقوب مجهرية تمزق نفسها بسرعة.

وغالبًا ما يُصنع الإسفنج من سليولوز النباتات، وهي مادة مسامية تُستخدم أيضًا لتصنيع الورق. فقد قام فريق بقيادة هو يونج كيم، من جامعة سول الوطنية، باستخدام مجهر إلكتروني ماسح؛ لمراقبة المسام في إسفنجة، أثناء امتصاصها للسائل.

وجد الباحثون أن جدران المسام مليئة بتجاويف ميكرومترية الحجم، تتسع وتلتحم عند ملامستها للماء، ما يؤدي إلى تمزيق فتحات أكبر في المادة. وعندما يجف الإسفنج، يُعاد تشكيل الثقوب الدقيقة.

بناءً على هذه الملاحظات، استنبط الفريق معادلة تتنبأ بسرعة ارتفاع المياه في الإسفنج، بما في ذلك تباطؤ الامتصاص مع انتفاخ الإسفنجة بالكامل. ووجد الفريق أنه يمكن تطبيق هذه النظرية على المواد الماصة في الأجهزة الطبية الحيوية، وعلى الخُبز الذي يمتص الماء أيضًا بمعدل تصفه المعادلة.
***Sci. Adv.* 4, eaao7051 (2018)**

سرطان

الأورام المميتة تبدأ في الطفولة

تمتد أصول العديد من أورام الكلى إلى طفرات جينية حدثت قبل 30 إلى 50 سنة من التشخيص، أي خلال مرحلة الطفولة، أو المراهقة.

وللبحث في الأسس الجينية لسرطان الكلى، قام تشارلز سوانتون - من معهد فرانسيس كريك في لندن - وبيتر كامبل - من معهد وِيلْكَم تراسْت سانجر في هينكستون بالمملكة المتحدة - وزملاؤهما بتحليل جينومات أورام الكلى من 33 شخصًا.

في أكثر من ثلث الأورام، وجد الفريق البحثي علامات على أن كروموسومًا معينًا قد تمزق، وتم استبداله جزئيًّا بقطع كروموسوم آخر. حدث هذا الضرر في كثير من المرضى، عندما كانوا لا يزالون في سن الدراسة، على الرغم من أن الأورام تطورت فقط بعد تراكم المزيد من الطفرات في وقت لاحق من حياتهم. وقد يوفر هذا الفارق الزمني الطويل فرصة للوقاية من السرطان.

وأظهر تحليل منفصل - بقيادة سوانتون - أن أحوال المرضى كانت تسوء، إذا ظهر مستوى منخفض من التنوع الوراثي في أورام الكلى لديهم، وعدد كبير من التعديلات على كروموسوماتهم. وعلى الأرجح.. يموت مثل هؤلاء الأشخاص مبكرًا.
***Cell* http://doi.org/gc82gw; http://doi.org/gc82g5 (2018)**

علم الحيوان

هرمون يعزِّز سخاء الطيور

تصبح الطيور أكثر استعدادًا لمشارَكة مقتنياتها مع غيرها، بعد إعطائها هرمون الطيور المكافئ لهرمون الأوكسيتوسين، وهو الهرمون المتعلق بالترابط الاجتماعي وسلوك الأمومة في الثدييات.

يعزز هرمون الميزوتوسين غريزة المخالطة الاجتماعية في الطيور. ولمعرفة القدرات الأخرى التي قد يملكها الهرمون، قام خوان دوكِه وزملاؤه بجامعة نبراسكا-لينكولن بتدريب طيور قيق الصنوبر المحبوسة (*Gymnorhinus cyanocephalus*، **في الصورة**) على الاختيار بين إرسال وجبة من يرقات الخنافس كهدية إلى طائر قريب من النوع نفسه، أو إرسال الطعام إلى قفص فارغ.

عند ضمان حصوله على وجبة، أعطى طائر القيق - الذي تلقّى جرعة من الميزوتوسين - مكافأة لجيرانه في 32% تقريبًا من التجارب، في حين أن الطيور التي لم تتلق الهرمون كافأت غيرها في 8% فقط من المرّات. ووجد الفريق أن الطيور لم تكن إيثارية.. فطيور القيق التي لم تُمنح طعامًا لم تكافئ جيرانها بإيثار.

وتعزز التجارب الأدلة على أن الميزوتوسين يؤثر على السلوك الاجتماعي في الطيور، مثلما يفعل الأوكسيتوسين في الثدييات.
***Biol. Lett.* 14, 20180105 (2018)**

علم الأعصاب

لماذا تحدّ التمرينات الرياضية من الشهية

تكبح ممارسةُ الرياضة تناولَ الطعام عن طريق تسخين منطقة في الدماغ تُسمَى "تحت المهاد"، وفقًا لدراسة أُجريت على الفئران.

وعلى الرغم من أنه اتضح منذ زمن بعيد أن ممارسة الرياضة يمكنها أن تخفض الشهية، فإن الآلية المؤدية إلى هذا التأثير لم تكن واضحة. وجد يونج هوان جو وزملاؤه بكلية ألبرت أينشتاين للطب في مدينة نيويورك أن فئة من خلايا الدماغ في منطقة تحت المهاد، التي تؤثر على الشهية، تحمل أيضًا بروتينات تُسمَى "المستقبلات الشبيهة بمستقبلات TRPV1". وتستجيب هذه المستقبلات للتغيرات في درجة الحرارة.

ووجد الفريق أنه في الفئران، رفع التمرين على جهاز الجري من درجة حرارة منطقة تحت المهاد، وحدّ من تناول الطعام. وقد شوهد التأثير المزدوج نفسه بعد التحفيز الاصطناعي للخلايا العصبية التي تعبِّر عن المستقبلات الشبيهة بمستقبلات TRPV1. وعلى النقيض من ذلك، عندما خفَّض الباحثون التعبير عن الجين *Trpv1* في الخلايا العصبية، لم تحد الفئران من استهلاكها للغذاء بعد التمرين.
***PLoS Biol.* 16, e2004399 (2018)**

طاقة

بطارية هاتف صُنعت لتدوم

تُحسِّن طبقة بلورية نانوية من الكوبالت أداء البطاريات القابلة لإعادة الشحن الغنية بالنيكل.

تعمل البطاريات في العديد من السيارات الكهربائية والهواتف المحمولة عن طريق تدوير أيونات الليثيوم بين مادتين مشحونتين: قطب موجب بشحنات سالبة، غالبًا ما يكون مصنوعًا من الجرافيت؛ وقطب سالب بشحنات موجبة، مصنوع من الكوبالت أو أكسيد المنجنيز. وقد ازداد شيوع استخدام الأكاسيد الغنية بالنيكل في الأقطاب السالبة لرخص ثمنها وفعاليتها. لكنها تتشقق وتتحل بسرعة، ما يقلل من قدرة البطارية.

قام جيفيل تشو - من معهد أولسان الوطني للعلوم والتكنولوجيا في كوريا الجنوبية - وزملاؤه بتطوير قطب سالب يشكّل النيكل أكثر من 80% من تكوينه. غلّف الباحثون هذا القطب ببلورات كوبالت نانوية حدّت من التدهور. وسمح ذلك للبطارية بأن تحافظ على 86% من قدرتها بعد إعادة شحنها 400 مرة في درجة حرارة الغرفة.

يقول الباحثون إنه مع ارتفاع أسعار الكوبالت، يمكن للأقطاب السالبة الغنية بالنيكل أن تساعد على تلبية الطلب المتزايد على البطاريات القابلة لإعادة الشحن في السيارات الكهربائية.
***Energy Environ. Sci.* http://doi.org/cnjw (2018)**

سرطان

خلايا تائية أقوى لمكافحة السرطان

وجد الباحثون طريقة لضبط مستوى نشاط وأهداف الخلايا المناعية الباحثة عن السرطان.

وكانت الخلايا المناعية المعدلة المسماة خلايا "كار تي" CAR-T، التي تستهدف خلايا السرطان، قد أظهرت نتائج واعدة ضد بعض الأورام، لكن السرطانات يمكن أن تصبح مقاوِمة للعلاج، كما يمكن أن يصير علاج "كار تي" نفسه مميتًا، إذا خرجت الاستجابات المناعية عن نطاق السيطرة.

ولمعالجة هذه المشكلات، قام ويلسون وونج، من جامعة بوسطن في ماساتشوستس، وزملاؤه بتحديث نظام "كار تي"، عن طريق تعديل المستقبِلات الجزيئية للخلايا التائية. وأظهرت التجارب في الخلايا البشرية أن التعديل يسمح للخلايا التائية بالتعرف على أكثر من هدف جزيئي واحد على الخلايا السرطانية. ويمكن لذلك أن يحسِّن تخصصية الخلايا المناعية، ويقلل من فرص أن تصبح الأورام مقاوِمة للعلاج.

وقد حَسَّن العمل كذلك من مدى سلامة هذه التقنية. ومن خلال حقن الفئران المعالَجة بجزء بروتيني معين، استطاع الباحثون أن يحدّوا من تنشيط الخلايا التائية، وبالتالي تخفيف الاستجابة المناعية.
***Cell* http://doi.org/cnzg (2018)**


MIKE READ/NPL

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم الفلك

تعرّف على مجرّتي "جيكل"، و"هايد"

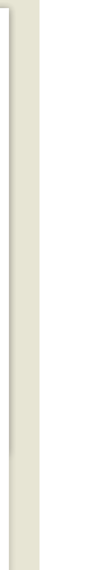
اكتشف باحثون أن ثمة مجرّة قديمة خاملة ترافِقها مجرّة أصغر سنًا، وأكثر نشاطًا، كامنة في مكان قريب، وهو الأمر الذي دفع المكتشفين إلى تسمية هذا الثنائي "جيكل" و"هايد".

نشأت المجرّة "جيكل" الأقدم قليلًا - وتُسمَّى رسميًّا ZF-COSMOS-20115، ووصفت بالتفصيل في عام 2017 - في بداية عمر الكون. وقد أنتجت مجرات عديدة - لها العمر والكتلة ذاتهما - نجومًا على مدار مليارات السنين، أما "جيكل"، فتوقفت عن ذلك بعد الانفجار الكبير بحوالي 1.5 مليار سنة، ما يجعلها أول مجرّة "خاملة" معروفة.

عند دراسة بيانات من تليسكوب "ألما" ALMA في تشيلي، وجد كورنتين شرايبر، من جامعة ليدن في هولندا، وفريقه البحثي مجرّة يحجبها الغبار (مجرّة هايد) كامنة بجوار المجرّة الهادئة التي كانت قد سجلت رقمًا قياسيًّا.

كلتا المجرتين مدمجتان، وهائلتا الحجم، لكنْ من المرجح أن "هايد" تحافظ على معدَّل معتدل لتكوُّن النجوم. وربما تمثل "جيكل"، و"هايد" مرحلتين من العملية التي تقلص إنتاج النجوم في المجرّات، ما يجعل من هذا الثنائي مختبرًا طبيعيًّا، وفقًا لما كتبه الباحثون.

Astron. Astrophys. **611, A22 (2018)**





الأيض

اللياقة البدنية للأطفال تضاهي لياقة أفضل الرياضيين

يتمتع الأطفال بلياقة بدنية أكبر - وفقًا لبعض المعايير - من العَدّائين وراكبي الدراجات، الذين يتنافسون على المستوى الوطني.

لاحظ الآباء منذ زمن طويل أن الأطفال لا يتعبون بسرعة مثل البالغين، وهي ملاحظة أكدها العلماء. ولمعرفة المزيد حول ذلك، قام سيباستيه راتل، من جامعة كليرمون أوفيرني في كليرمون فيران بفرنسا، وزملاؤه باختبار لياقة مجموعتين من البالغين: الأولى مكونة من طلاب الجامعات، والثانية من نخبة من الرياضيين الذين يتمتعون بقوة تحمُّل؛ وقارنوها بلياقة صبيان، تتراوح أعمارهم بين 8 و12 سنة، ولم يشاركوا بانتظام في تدريب بدني مضنٍ.

وبعد تدريبات مكثفة على دراجة ثابتة، عادت معدلات ضربات القلب لدى الأولاد إلى طبيعتها بشكل أسرع من مجموعتي البالغين على حد سواء. كما تخلصت أجسادهم من مادة اللاكتيت - وهو منتَج أيضي ثانوي، يسهم في إجهاد العضلات - في دمائهم بشكل أسرع من البالغين.

وعلى الرغم من أن عدد الأطفال في الدراسة كان ضئيلًا، يقول الباحثون إن نتائجهم تشير إلى أن قدرة عضلات الأطفال على التحمل عالية بطبيعتها، لكنها تتراجع في مسار العبور إلى مرحلة البلوغ.

Front. Physiol. **9, 387 (2018)**

الكيمياء الحيوية

الكشف عن وصفة عقار قوي

حدد علماء الكيمياء الحيوية إنزيمَين منشودين منذ زمن، يساعدان أحد النباتات الاستوائية على إنتاج علاج فعال للسرطان.

تنتج نبتة عِناقية مدغشقر (*Catharanthus roseus*، **في الصورة**) مركّب فينبلاستين المضاد للسرطان، لكن بكميات قليلة فقط. وقد تطلّع الباحثون إلى إنتاج ميكروبات معدلة وراثيًّا، يمكنها صنع كميات أكبر من العقار، لكنّ خطوتين من الـ31 خطوة في مسار تخليق الفينبلاستين بقيتا غير معروفتين.

ظنّت سارة أوكونور - من مركز جون إينيس في نورويتش بالمملكة المتحدة - وفنسنت كوردافولت - من جامعة تورز في فرنسا - وزملاؤهما أن الإنزيمين المفقودين يحولان مركّبًا واحدًا إلى بِنى تشكِّل أطر عمل مكونَين يتحدان فيما بعد لإنتاج الفينبلاستين. وبحث أعضاء الفريق في قاعدة بيانات للحمض النووي الريبي للعِناقية، وحددوا إنزيمين يقومان بالوظائف المطلوبة، ويجري تصنيعهما في الوقت نفسه الذي ينتج فيه النبات إنزيمات أخرى تشارك في تخليق الفينبلاستين.

وعندما ثبط الباحثون أيًّا من الجينَين اللذين يرمزان هذين الإنزيمين، فشل النبات في إنتاج إطار العمل المناسب.

Science **http://doi.org/cn8c (2018)**



سلوك الحيوان

الخفافيش تطير بصمت لحفظ سلامتها

لدى بعض الخفافيش نظام سري احتياطي، إلى جانب نظام السونار المعتاد الخاص بها، وهو بمثابة نداءات يمكن رصدها بالكاد، قد تساعد الحيوانات على مراوغة الخصوم.

تتنقل الخفافيش في الليل عن طريق إطلاق النداءات، والاستماع إلى الأصوات التي ترتد إليها، وهو نوع من السونار البيولوجي، المعروف بنظام تحديد الموقع بالصدى. سجَّل آرون كوركوران، من جامعة ويك فورست في وينستون سالِم في نورث كارولينا، وثيودور ويلر، من محطة باسيفيك ساوث ويست للبحوث في أركاتا بكاليفورنيا، نداءات الخفاش الأشيب (*Lasiurus cinereus*) في أثناء طيرانه على طول مجرى النهر.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وقد وجدوا أن الخفافيش غالبًا ما تحاشت استخدام نظام تحديد الموقع بالصدى المعتاد لديها لصالح "نداءات مقتضبة" قصيرة وعالية التردد، وطارت أحيانًا دون إصدار أي نداءات على الإطلاق.

اكتشف الباحثون أيضًا أن الخفافيش قد انجذبت بشدة إلى مكبرات الصوت، التي تشغل نداءات تحديد الموقع بالصدى المسجلة، ما يوحي بأن السكوت قد يساعد هذه المخلوقات على تجنب المواجهات العدوانية خلال موسم التزاوج في الخريف. ويقول الباحثون إن هذا يمكن أن يفسر سبب اصطدام العديد من حيوانات الخفاش الأشيب بتوربينات الرياح في فصل الخريف.

***Proc. R. Soc. B* 285, 20180441 (2018)**

علم الفلك

روّاد بعثات القمر تركوا بصمة حرارية

قام رواد الفضاء ببعثات "أبولو" بزيارات قصيرة للقمر، لكنهم تركوه أكثر دفئًا قليلًا مما كان.

وخلال بعثتين من بعثات وكالة ناسا للقمر في سبعينيات القرن الماضي، أعد رواد الفضاء التجارب لاستكشاف تدفق الحرارة عبر التربة، لكن حتى الآن لم يتم تحليل أي بيانات سوى تلك الخاصة بالفترة من 1971 إلى 1974. لذا، قام فريق بقيادة سابيشي ناجيهارا، من جامعة تكساس للتقنية في لوبوك، باستكشاف وفحص السجلات في الفترة من 1975 إلى 1977. وتبين هذه القياسات أن الزيادات في درجات الحرارة الموثقة على مدار الفترة السابقة استمرت حتى نهاية التجربة، مع حدوث تغيرات على عمق يصل إلى متر واحد تحت سطح القمر.

في الغالب، كان سبب ارتفاع درجة حرارة التربة على القمر هو وجود رواد الفضاء أنفسهم؛ إذ أحدثت مركبات الهبوط، وأحذية رواد الفضاء، والمركبة الجوالة اضطرابًا لسطح القمر؛ ما جعل التربة داكنة، وسمح لها بامتصاص المزيد من حرارة الشمس.

ويوصي الفريق بوجوب أن تأخذ البعثات القمرية المستقبلية هذا التأثير في الاعتبار عند تصميم مسابر التدفق الحراري.

***J. Geophys. Res. Planets* http://doi.org/cpk8 (2018)**

تغير المناخ

السياحة تزيد انبعاثات الكربون

يتسبب التوق البشري إلى السفر في حوالي 8% من انبعاثات غازات الدفيئة في العالم.

فقد أجرت أرونيما مالك، من جامعة سيدني في أستراليا، وزملاؤها دراسة النمذجة الأكثر شمولًا حول هذا الموضوع حتى الآن، ووجدت أنه في عام 2013، كانت البصمة الكربونية العالمية لقطاع السياحة 4.5 مليار طن. يُعَد هذا أعلى بنسبة 15% من إجمالي انبعاثات القطاع لعام 2009.

ووجد الفريق أن أكبر بصمة إجمالية من نصيب الولايات المتحدة، وأن البصمة الكربونية التي خلفتها بعض الجنسيات - مثل الدانماركيين - في الخارج أكبر بكثير من تلك التي سببتها السياحة في أوطانهم. ويولّد السفر إلى جُزُر مثل جزر المالديف بعض أعلى مستويات الانبعاث لكل فرد حسب الوجهة.

ويمكن للزيادات المتوقعة في الدخول العالمية أن تزيد انبعاثات الكربون السنوية المرتبطة بالسياحة إلى 6.5 مليار طن في عام 2025.

***Nature Clim. Change* http://doi.org/gddvz7 (2018)**

علم الروبوتات

روبوت بارع "يعتمد على نفسه"

صمم باحثون في سنغافورة روبوتًا **(في الصورة)** يمكنه تركيب كرسي من صنع شركة الأثاث السويدية "أيكيا".

لا يستطيع معظم الروبوتات تنفيذ المهام المعقدة دون إشراف. فتتطلب عادةً روبوتات التصنيع وضع أجزاء بناء القطعة المرجوة في مواقع معروفة. لكن الروبوت الذي ابتكره كوانج كوُونج فام وزملاؤه، في جامعة نانيانج التكنولوجية، يستخدم كاميرات لتحديد الأجزاء ذات الصلة في بيئة مزدحمة. وهناك خوارزمية تسمح لذراعي الروبوت بالتحرك في آن واحد دون اصطدام. ويُدخِل الجهاز القطع بشكل صحيح، معتمدًا على مستشعرات القوة من أجل مواءمة تصرفاته. ومن ثم، يحتاج الروبوت أكثر من 20 دقيقة بقليل لإنتاج كرسي مكتمل.

برمج الباحثون الروبوت الخاص بهم - الذي تم بناؤه من مكونات جاهزة - على سلسلة من الخطوات لتجميع الكرسي. لكنهم يقولون إنه يمكن تدريب الروبوتات المستقبلية على تعلُّم الإرشادات من كتيبات التعليمات.

***Sci. Robot.* 3, eaat6385 (2018)**

NTU SINGAPORE

علم النانو

حمض نووي يلعب الجمباز

تُعَد قطعة الحمض النووي البهلوانية التي تتحرك كالعجلة عبر السطح واحدة من أسرع الجزيئات "السائرة" التي تم تصميمها حتى الآن.

فقد قام العلماء في مسعاهم لإنتاج روبوتات نانوية بتوليف جزيئات الحمض النووي التي تتحرك بشكل مستقل، لكن غالبية الجزيئات "السائرة" هذه تحتاج إلى عدة دقائق لتتحرك خطوة واحدة.

قام نيلز والتر، من جامعة ميتشيجان في آن أربور، وزملاؤه ببناء جزيء حمض نووي سائر، يتحرك على طول شبكة من "مواطئ القدم"، مصنوعة من لَبِنَات بناء الحمض النووي المكمِّلة، التي تسمَّى النوكليوتيدات. يحتوي كل طرف من الجزيء السائر على تسلسلات من النوكليوتيدات التي يستخدمها ليثبّت نفسه بالشبكة، ثم ينقلب طرف فوق الطرف الآخر، ليثبّت نفسه بموطئ قدم آخر.

يمكن للجزيء أن ينقلب مرات عديدة تصل إلى 43 مرة في الدقيقة، قاطعًا مسافة 300 نانومتر. وهذا أسرع من الأنواع الأخرى من جزيئات الحمض النووي السائرة بمقدار قيمة أسية.

***Nature Nanotechnol.* http://doi.org/cpk6 (2018)**

الكيمياء الحيوية

أمل في علاج لنزلات البرد

يمنع جزيء اصطناعي تكاثر الفيروسات المسؤولة عن ربع حالات نزلات البرد الشائعة على الأقل.

تتحكم فيروسات البرد - التي تُدعى الفيروسات الأنفية rhinoviruses - في الخلايا؛ لتصنيع بروتينات فيروسية، وإنتاج جزيئات معدية جديدة. وخلال هذه العملية، ترفق الخلايا المصابة حمضًا دهنيًّا ببروتين فيروسي يُسمَّى VP0، وهي خطوة يُعتقد أنها ضرورية لتجميع جزيئات جديدة من الفيروس.

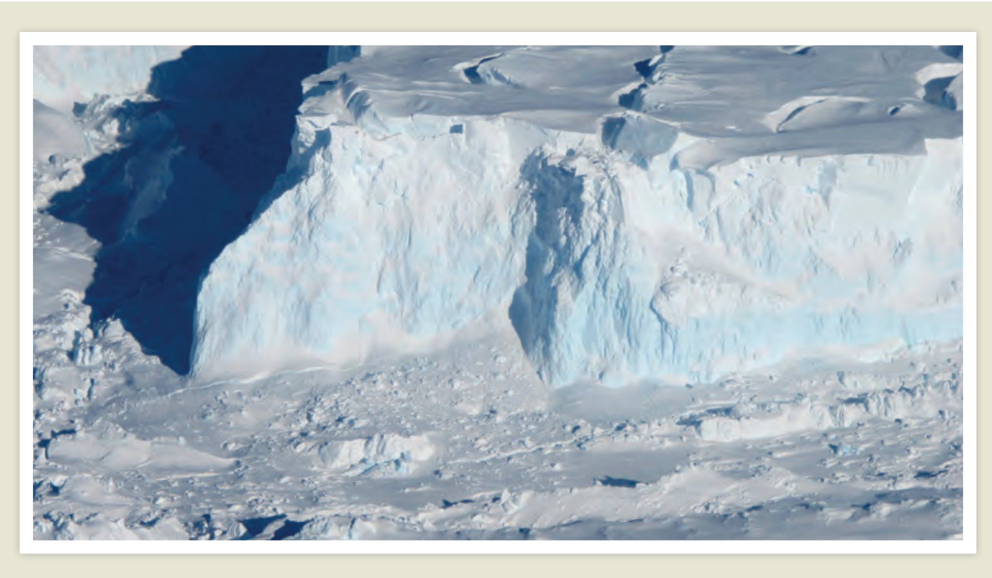
وقد طوَّر روبرتو سولاري، وإدوارد تيت، من كلية لندن الإمبراطورية بالمملكة المتحدة، وزملاؤهما جزيئًا مبنيًّا على مركّب موجود في طفيل الملاريا (*Plasmodium falciparum*)، يمنع ارتباط الحمض الدهني هذا. وعندما أضاف الباحثون الجزيء إلى الخلايا المصابة؛ قام بإعاقة تجميع جسيمات الفيروس الجديدة، من دون أي تأثيرات سامة على الخلايا المعالجة.

ويقترح الباحثون أنه يمكن استخدام طرق مشابهة لعلاج عدوى الفيروسات الأنفية، التي تتسبب في تدهور حالة أمراض الجهاز التنفسي، مثل الربو، والتليف الكيسي.

***Nature Chem.* 10, 599–606 (2018)**

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأبحاث من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



JAMES YUNGEL/NASA

تعاوُن دولتين لمراقبة انهيار نهر جليدي

يبدأ حاليًّا علماء متخصصون في العلوم القطبية من المملكة المتحدة والولايات المتحدة جهودًا بتكلفة 20 مليون جنيه إسترليني (27 مليون دولار أمريكي)؛ لدراسة نهر ثوايتس الجليدي في القارة القطبية الجنوبية. يُعَد هذا المشروع - الذي سيمتد إلى خمسة أعوام، وأُعلِن عنه في الثلاثين من إبريل الماضي - أكبر جهد مشترك تقوم به الدولتان في القارة القطبية الجنوبية منذ أكثر من سبعة عقود. وسيموّل البرنامج ثماني دراسات، ومن المقرر أن يبدأ في أكتوبر القادم. سيجمع الباحثون بيانات الرادارات، والاهتزازات الأرضية، وغيرها من البيانات عن النهر الجليدي؛ لمعرفة ما إذا كان في سبيله للانهيار، أم لا. يمتد حوض تصريف مياه هذا النهر الجليدي على مساحة تُماثِل مساحة بريطانيا تقريبًا على الصفيحة الجليدية لغرب القارة القطبية الجنوبية، وتُعزَى إليه بالفعل نسبة 4 تقريبًا من ارتفاع مستوى سطح البحر. ويحصل البرنامج على تمويله من كل من مجلس بحوث البيئة الطبيعية في المملكة المتحدة، ومؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية.

المناخ

مستوى جديد للكربون

أعلن باحثون - في الثاني من مايو الماضي - أن متوسط تركيز ثاني أكسيد الكربون، الذي يُعتبَر غازًا رئيسًا من غازات الدفيئة، في الغلاف الجوي قد تخطى 410 أجزاء في المليون خلال شهر إبريل الماضي. وتُعَد هذه المرة الأولى في التاريخ المسجَّل، التي يتخطى فيها المتوسط الشهري لثاني أكسيد الكربون هذا الحد الأقصى. وقد أخذ علماء المناخ هذه القياسات في مرصد مونا لوا في هاواي، وهو المكان الذي ظلوا يرصدون فيه مستويات ثاني أكسيد الكربون في الهواء منذ عام 1958. زاد متوسط درجة الحرارة العالمية بالفعل بمعدل درجة مئوية واحدة، مقارنةً بعصر ما قبل الثورة الصناعية. وهذا التراكم المستمر لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي يضع الأرض على طريق الوصول إلى ارتفاع في متوسط درجات الحرارة العالمي بدرجتين مئويتين في وقت لاحق من القرن الحالي.

أحداث

دعم الذكاء الاصطناعي

ستزيد المفوضية الأوروبية من إنفاقها على الذكاء الاصطناعي، ليبلغ 500 مليون يورو (604 مليون دولار أمريكي) سنويًّا لمدة ثلاثة أعوام، بدءًا من العام الحالي (2018)، بعد أن كان حوالي 300 مليون يورو في العام السابق. وتُعَد هذه الزيادة، التي أُعلِن عنها في الخامس والعشرين من إبريل الماضي، جزءًا من مبادرة تهدف إلى تعزيز مكانة أوروبا في هذا المجال. وتتضمن خطط أخرى وضع مبادئ توجيهية أخلاقية لتطوير الذكاء الاصطناعي، واقتراح تشريع لزيادة كمية البيانات المتاحة للجمهور. وعلى صعيد منفصل، وقَّعت مجموعة من الباحثين الأوروبيين البارزين المتخصصين في مجال الذكاء الاصطناعي خطابًا مفتوحًا في الرابع والعشرين من إبريل، يحذِّر من أن مختبرات الذكاء الاصطناعي في القارة الأوروبية، والاستثمارات والشركات المعنية به، لا تساير وتيرة تقدُّم المنافسين في أمريكا الشمالية والصين. ويدعو البيان الحكومات الأوروبية إلى إنشاء معهد للذكاء الاصطناعي، له مواقع في العديد من البلدان، على أن يماثل في نطاقه مختبر الأحياء الجزيئية الأوروبي. ويوصي الخطاب بتخصيص استثمار مبدئي بحوالي 100 مليون يورو لكل موقع.

بنك حيوي أمريكي

بدأ مشروع طموح لرصد صحة مليون شخص في الولايات المتحدة لمدة عشرة أعوام - على الأقل - في تسجيل المشاركين به في السادس من مايو الماضي. وتهدف هذه المبادرة لمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية - التي أعلن عنها الرئيس السابق باراك أوباما في أثناء خطاب حالة الاتحاد، في عام 2015 - إلى تعيين متطوعين من مختلف المناطق الجغرافية والخلفيات العرقية والحالات الصحية والأعمار. وتتضمن البيانات البيولوجية التي سيجمعها الباحثون من المشاركين: عينات دم، وبيانات قياس حيوي باستخدام أجهزة مثل "فيت بيتس"، وسجلات طبية. ولن يقبل المشروع في البداية سوى المشاركين الذين تزيد أعمارهم على 18 عامًا، لكنه يخطط لإدراج أطفال في المستقبل.

بيانات "فيسبوك"

احتجّت مجموعة من الأكاديميين بأن الإجراءات المشددة، التي سيطبقها موقع فيسبوك حول وصول جهات خارجية إلى بيانات المستخدِمين في أعقاب الجدل المثار حول شركة «كامبريدج أناليتيكا»، تهدد بعرقلة الأبحاث. فقال علماء بارزون في مجالي البيانات والإنترنت - في خطاب مفتوح، نُشِرَ في الخامس والعشرين من إبريل الماضي - إن القيود المفروضة على وصول جهات خارجية إلى بيانات مواقع التواصل الاجتماعي قد تحدّ من شفافية هذه المنصات، والرقابة المستقلة عليها. ورحَّب العلماء بمبادرة لموقع فيسبوك، أُعلِنَ عنها في التاسع من إبريل، لتشجيع الأبحاث الخاضعة لمراجعة الأقران، التي تتناول دور مواقع التواصل الاجتماعي في الانتخابات والديمقراطية، بيد أنهم يرون أن الاختصاصات ضيقة النطاق التي يطرحها المقترَح، والاستعانة بفريق منتقًى من العلماء لتحديد جدول الأعمال البحثي، يعني أن المقترح قد يفشل في دعم إجراء أبحاث مستقلة.

أبحاث

تجديد القلب

يستعد أطباء يابانيون لإجراء

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أول دراسة إكلينيكية في العالم باستخدام خلايا جذعية مستحثة متعددة القدرات؛ لعلاج أمراض القلب. ففي السادس عشر من مايو الماضي، وافقت لجنة بوزارة الصحة على خطة وضَعَها أطباء بجامعة أوساكا لاستخدام الخلايا في علاج اعتلال عضلة القلب الإقفاري، الذي يسفر فيه انخفاض تدفق الدم إلى القلب عن تقليص قدرة هذا العضو على ضخ الدم. وستُزرَع خلايا عضلة القلب المُنتَجة من الخلايا الجذعية المستحثة متعددة القدرات على صحائف سُمْكها 0.1 ملِّيمتر، التي من المتوقع أن تفرز عوامل نمو، مِن شأنها تجديد عضلة القلب. كانت الخلايا الجذعية المستحثة متعددة القدرات تُستخدَم في عدة تجارب لعلاج أمراض الشبكية في البشر، غير أن واحدة - على الأقل - من هذه التجارب أُوقِفت، بعد أن عانى أحد المرضى بها من رد فعل عكسي لعملية الزرع. ومن المتوقع أن تبدأ تجربة القلب على ثلاثة مرضى في شهر مارس عام 2019.

IAN ALDERMAN

TONY MARTIN/SGHT

نشر

رئيسة تحرير *Nature*

أعلنت دورية *Nature* - في الثاني من مايو الماضي - أن عالِمة الوراثة ماجدالينا سكيبر ستصير رئيسة تحرير دورية *Nature* القادمة. سكيبر (في الصورة)، التي تعمل حاليًّا رئيسة تحرير دورية الوصول المفتوح "نيتشر كوميونيكيشنز" *Nature Communications*، ستصبح أول سيدة ترأس تلك الدورية، البالغ عمرها 149 عامًا. ستخلف سكيبر فيليب كامبل، الذي قاد *Nature* منذ عام 1995، وذلك بدءًا من الأول من يوليو. تقول سكيبر إنها تتطلع - خلال فترة رئاستها للتحرير - إلى استكمال عمل الدورية؛ لضمان أن تكون الاكتشافات العلمية قابلة للتكرار ومؤثرة، لا سيما في عصر البيانات الضخمة. وتود أيضًا أن تركز *Nature* أكثر على الباحثين الذين في مقتبل مسيرتهم المهنية. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/2hx8woa

فضاء

ميثان على المريخ

شرع مسبار المريخ الروسي الأوروبي، المُعَدّ لحل أحد أكثر الألغاز إثارة للجدل في دراسات كوكب المريخ، في إجراء عمليات رصد علمية في الواحد والعشرين من إبريل الماضي. ويتطلع الباحثون إلى أن يفصل "مسبار الغازات النزرة المداري" TGO في الجدل المثار حول أصول غاز الميثان على الكوكب الأحمر، التي ربما تكون دليلًا على وجود حياة على سطح المريخ.

شخصيات

زمالة الملكية البريطانية

أعلنت الجمعية الملكية البريطانية - في التاسع من مايو الماضي - عن حصول 50 عالمًا بارزًا على أحدث زمالاتها، ومنهم المخترع إيلون ماسك، وعالِم الفيزياء النظرية والمذيع جيم الخليلي، وعالمة النبات كاثي مارتن، وباحث الذكاء الاصطناعي ديميس هاسابيس. حصل ديفيد ويليتس - الذي شغل منصب وزير الجامعات والعلوم بحكومة المملكة المتحدة في الفترة ما بين عامي 2010، و2014 - على زمالة فخرية من الجمعية؛ لدعمه المستمر للعِلْم. وضم الحاصلون الجدد على الزمالات 12 امرأة. وجدير بالذكر أن العلماء والمهندسين والتقنيين يُنتخَبون للحصول على زمالة الجمعية، بناءً على إسهاماتهم الاستثنائية في العِلْم.

صحة

دواء الصداع النصفي

اعتمدت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية أول دواء ضمن فئة ناشئة من الأدوية تهدف إلى الوقاية من الصداع النصفي. وقد أعلنت الإدارة، في السابع عشر من مايو الماضي، اعتماد دواء أيموفيج (إرينوماب-أوي) erenumab-aooe، وهو علاج لأجسام مضادة، يثبط بروتينًا يُسمَّى مستقبِل الببتيد المرتبط بجين الكالسيتونين. ويُسهم هذا الجزيء في الإحساس بالألم، وتوجد علاجات أخرى للصداع النصفي تستهدفه قيد التطوير. طوّرت الدواء شركة «أمجين» في ثاوزاند أوكس بكاليفورنيا، وذلك بالتعاون مع شركة «نوفارتس» في بازل بسويسرا.

الحفظ البيئي

مُقترَح الدب الرمادي

يفكر مسؤولون أمريكيون في رفع إجراءات الحماية المفروضة بموجب قانون الأنواع المهدَّدة بالانقراض على الدببة الرمادية في النظام البيئي بالتقسيم القاريّ الشمالي. يمتد هذا النظام البيئي على مساحة تزيد على ثلاثين ألف كيلومتر مربع من جبال روكي الشمالية، ويشمل المتنزّه الوطني الأمريكي للأنهار الجليدية. كانت أعداد الدببة الرمادية (*Ursus arctos horribilis*) في هذه المنطقة تُقدَّر بنحو 942 دبًّا في عام 2011. وسيُحيل رفع إجراءات الحماية الفيدرالية إدارة شؤون الدببة إلى ولاية مونتانا، التي يعيش بها الحيوان. يأتي الإعلان بعد عام تقريبًا من إزالة الهيئة للدببة الرمادية - التي تعيش في نظام يلوستون البيئي الأكبر - من قائمة الحيوانات المهددة بالانقراض.

جزيرة خالية من القوارض

أعلنت جزيرة جورجيا الجنوبية - القريبة من القطب الجنوبي - خلوها من القوارض المُغيرة، بعد جهود كبيرة للقضاء عليها، امتدت إلى عِقد من الزمان. وهذا المشروع، الذي تبلغ تكلفته 10 ملايين جنيه إسترليني (14 مليون دولار أمريكي)، هو أكبر مشروع من نوعه، وتَضَمَّن إلقاء أكثر من 300 طن من الطعم المسموم يدويًّا، باستخدام المروحيات على مساحة 1,087 كيلومترًا مربعًا من الجزيرة. وأعلن صندوق تراث جورجيا الجنوبية في الثامن من مايو أنه قد جرى مسح الجزيرة لمدة عامين باستخدام الكلاب البوليسية، ولم يُعثَر على أي أثر للقوارض. وصلت الفئران والجرذان لأول مرة إلى جورجيا الجنوبية - التي تُعَد أحد أقاليم ما وراء البحار البريطانية - على متن سفن في أواخر القرن الثامن عشر، وكان لها تأثير مدمر على أنواع مستوطِنة من الطيور. وقال الصندوق إن بعض هذه الطيور بدأ يُظهِر تعافيًا في الوقت الحالي.

مراقبة الاتجاهات

يتزايد عدد البالغين الذين يعانون مَرَضَيْن عقليين، أو جسديَّين مزمنين أو أكثر في جميع أنحاء العالم. فقد اكتشف تحليل لأبحاث حالية، جمَّعتها أكاديمية العلوم الطبية بالمملكة المتحدة، أن "تعددية الأمراض" أكثر انتشارًا في المرضى المسنين، لكن الأدلة على مدى خطورة المشكلة وأسبابها مشتتة. وعلى سبيل المثال، تكشف دراسات عن وجود ارتباط واضح بين الأمراض المتعددة، والفقر، لكنْ بعض الأبحاث يشير إلى أن بعض الأمراض المزمنة منتشر أكثر بين الأغنياء.

عبء الأمراض المزمنة

يرتبط التقدم في العمر ارتباطًا وثيقًا بتعددية الأمراض - أي الإصابة بمرضين أو أكثر من الأمراض المزمنة - لكن الحالة الاقتصادية تشكّل عاملًا كذلك في هذه المسألة.

فقراء
أغنياء
المرضى الذين يعانون مرضين مزمنين أو أكثر (%)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
0–4
20–24
40–44
60–64
80–84
الفئة العمرية (بالأعوام)

SOURCE: THE ACADEMY OF MEDICAL SCIENCES

أخبــار في دائرة الضوء





قد يصبح الفيضان في بنجلاديش أكثر شيوعًا في ظل ارتفاع درجات الحرارة العالمية.

المناخ

إشــارات تفيــد بأن الاحتــرار العالــمي سيضــرب الدول الفقيــرة أولًا

أداة لقياس التفاوت المناخي تكشف عن مدى سرعة ظهور الظروف الجوية غير الطبيعية حول العالم.

كويرين شيرماير

لقد عَرَفَت دول بعينها، مثل بنجلاديش ومصر، منذ زمن طويل أنها سوف تعاني من التغيّر المناخي بصورة أكبر من الدول الأغنى منها، لكنّ الباحثين ابتكروا مؤخرًا طريقة واضحة لقياس مقدار أوجه التفاوت بين التهديدات المستقبلية.

تُظهِر خريطة "الآثار المكافئة"، التي كُشِف عنها النقاب في الاجتماع السنوي للاتحاد الأوروبي لعلوم الأرض في شهر إبريل الماضي في فيينا، أن درجات الحرارة العالمية يجب أن ترتفع بمقدار كبير يبلغ 3 درجات مئوية، كي يشعر معظم سكان الدول الغنية بتغيّرات في الظروف المناخية المألوفة تكافئ التغيرات التي ستشعر بها الدول الفقيرة في ظل احترار معتدل.

استهدفَ اتفاقُ باريس للمناخ، الذي أبرمته 195 دولة في عام 2015، الحدّ من ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمية، ليصل إلى 1.5-2 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية. وقد ارتفعت درجة حرارة العالم بالفعل بمقدار درجة واحدة، أو نحو ذلك. ومنذ عام 1900، زاد أيضًا متوسط عدد الأشهر التي بلغ فيها الجفاف والأمطار معدلات قياسية كل عام.

إنّ آثار الاحترار العالمي متفاوتة، ويُعتقَد أن الأماكن الفقيرة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية هي الأكثر تأثرًا بهذه الآثار، وذلك لعدة أسباب.. فمواردها المالية محدودة على نحو لا يكفي للاستعداد للتغيّرات في درجات الحرارة وهطل الأمطار. ومن المتوقع أن تواجه هذه المناطق تغيّرات مناخية أكبر من تلك التي ستتعرض لها البلدان الواقعة عند خطوط العرض الوسطى. وقد واجه الباحثون صعوبة في قياس مقدار أوجه التفاوت المذكورة، لأن آثار تغيُّر المناخ تعتمد على عوامل كثيرة، يصعب التنبؤ بها، مثل النمو الاقتصادي، والتقدّم التكنولوجي في المستقبل.

اتبّع لوك هارينجتون - الباحث في مجال المناخ بجامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة - نهجًا مختلفًا، عن طريق صياغة مفهوم "الآثار المكافئة" الذي لا يحدد العواقب المجتمعية، وإنما يركز على قياس مقدار التوزيع المتفاوت للظواهر الجوية بالغة الشدة في ربوع العالم.

دَرَس هارينجتون تغيُّر أنماط الحرارة وهطل الأمطار اليومية بالغة الشدة في توقعات المناخ العالمي على أساس انبعاثات غازات الدفيئة سريعة الارتفاع، ثم حدّد مقدار ◄

الاحترار اللازم لكي تظهر إشارة واضحة على تغيّر المناخ - مثل درجات الحرارة، أو هطل الأمطار بالغة الشدة - وسط "صخب" تقلّب المناخ الطبيعي في كل بقعة من كوكب الأرض. وكشفت الخرائط الناتجة عن هذا العمل عن مدى سرعة ظهور التغيّرات الإقليمية في الظواهر الجوية بالغة الشدة، استجابةً لمستويات الاحترار العالمي المختلفة.

ويقول هارينجتون، الذي لم يُقبَل بحثه للنشر بعد: "أردتُ أن أوضح بالأرقام مدى تفاوت التأثيرات. فسياسات الحدّ من تغيُّر المناخ تركِّز على حدّ عالمي، لكنّ متوسط درجات الحرارة العالمية ليس مقياسًا مجديًا بدرجة كبيرة في تقييم ما قد يعنيه تغيّر المناخ في أجزاء معينة من العالم".

وفيما يخص التغيّرات في درجات الحرارة الإقليمية بالغة الشدة، يُعَد هذا النمط واضحًا بشكل خاص. فمن المرجح أن تشهد قارة أفريقيا، وأجزاء كبيرة من الهند، ومعظم أمريكا الجنوبية تغيرات تُعزَى بوضوح إلى الاحترار المناخي في وقت مبكر، بعد زيادة درجات الحرارة العالمية بمقدار 1.5 درجة. أما المناطق الواقعة عند خطوط العرض الوسطى، حيث يُنتَج معظم غازات الدفيئة، فلن تشهد مثل هذه التغيرات الواضحة، إلا عند ارتفاع درجات الحرارة العالمية بمقدار 3 درجات مئوية، أو نحو ذلك.

«أردتُ أن أوضح بالأرقام مدى تفاوت الآثار».

ومن جهته، يقول إريك فيشر، عالِم المناخ في المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا بزيورخ، الذي لم يشارك في الدراسة: "هذه طريقة مميزة للربط بين أهداف المناخ العالمي، والآثار الإقليمية". ويضيف قائلًا إنه ينبغي تكييف هذا النموذج ليشمل مقاييس لآثار محددة لتغيّر المناخ، مثل آثاره على صحة الإنسان والأمن الغذائي، كي يكون مفيدًا في تخطيط جهود التكيف، أو تزويد برامج تمويل الأنشطة المناخية الدولية بالمعلومات. ويُعنى بعض الخطط المقترحة بتعويض البلدان الفقيرة عن الأضرار التي تلحق بها بسبب تغيّر المناخ.

ويضيف فيشر قائلًا إن مؤشر الآثار المكافئة يمكن أن يساعد على قياس إلى أيّ مدى سيؤثر تغيّر المناخ على البلدان المختلفة، لأنه يركز على تحديد متى ستبدأ هذه البلدان في مواجهة ظروف جوية تقع خارج نطاق التقلبات الطبيعية التي اعتادت عليها.

ويقول هارينجتون: "إن دراستنا تقدِّم إطار عمل؛ حيث نريد أن نعرف المعلومات التي ينصبّ عليها اهتمام الآخرين، ويمكننا عندئذٍ البدء في دراسة مقاييس الآثار المناخية الأكثر تحديدًا". ■

فيزياء كمية

المختبر الأكثر برودة في الكون جاهز لسبر أغوار الكَمّ

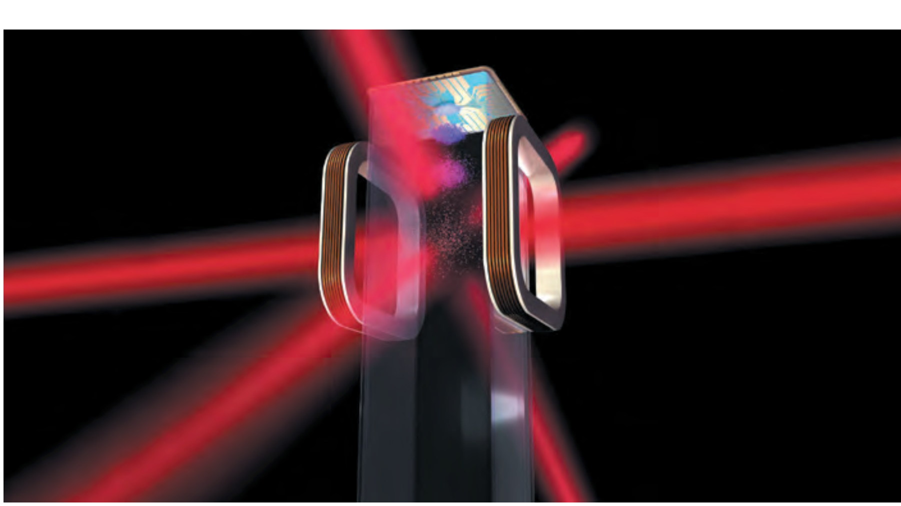
مختبر الذرات الباردة - التابع لوكالة ناسا - سوف يتيح للفيزيائيين التعامل مع الظواهر الكمية كما لم يتسن لهم من قبل.

إليزابيث جيبني

يوشك علماء فيزياء الكَمّ أن يكون لهم ملعب خاص في الفضاء؛ إذ تم تصميم مختبر الذرّات الباردة - التابع لوكالة ناسا، والذي كان من المقرر إطلاقه إلى محطة الفضاء الدولية في يوم 20 مايو الماضي - ليكون أبرد مكان في الكون المرصود. وسوف يستخدم الباحثون المختبرَ لاستكشاف الظواهر الكمية التي يستحيل رصدها على سطح الأرض.

تهدف المهمة - التي تبلغ تكلفتها 83 مليون دولار أمريكي - إلى دراسة ميكانيكا الكَمّ على المستوى العياني، وذلك عن طريق تخليق حالة للمادة، تُعرف باسم تكاثف بوز-آينشتاين، وهي سُحُب من مئات الآلاف من الذرات التي تنحى إلى سلوك مسلك الموجات التي تتناغم معًا ككيان كَمِّي واحد، وذلك عند تبريدها لما فوق الصفر المطلق بقليل. يقول كمال أودريري، مدير البعثة في مختبر الدفع النفّاث (JPL) في باسادينا بكاليفورنيا: "أعتقد أن مجرد القدرة على إجراء هذه التجارب في الفضاء إنجازٌ ضخم في حد ذاته".

عادةً ما تقوم قوى الجاذبية على الأرض بتشتيت هذا التكاثف في غضون بضع ثوان. ويُعتبر أقرب حالات حدوث تكاثف بوز-آينشتاين في ظروف مشابهة لظروف الفضاء هو أثناء تلك المهام القصيرة داخل أحد صواريخ الأبحاث، أو أثناء السقوط لمدة 9 ثوان عند ركوب أبراج الملاهي. ولكن، في حالة الطفو داخل المحطة الفضائية، فإن هذا التكاثف يجب أن يكون قادرًا على البقاء لمدة 10 ثوانٍ على الأقل. وهذه المدة طويلة بما يكفي لكي يمكن تبريدها إلى مستويات قياسية من درجات الحرارة المنخفضة، التي قد تصل إلى 20 جزءًا من التريليون من درجة واحدة فوق الصفر المطلق. وهذا المستوى ربما يكون أبرد درجة حرارة معروفة في الكون، وذلك حسب قول أودريري. ويقول جريتشن كامبل، عالِم الفيزياء الذرية بالمعهد الوطني الأمريكي للمعايير والتكنولوجيا في جيذرزبيرج بولاية ميريلاند، إن التكاثف الأبرد وطويل الأمد "سيوسع آفاق دراسة الفيزياء الأساسية، وهذا هو ما كان يتمناه الناس على مدار ما يقرب من 15 عامًا".



مختبر الذرات الباردة التابع لوكالة ناسا سوف يسمح للفيزيائيين باللعب بالظواهر الكمية كما لم يتسن لهم من قبل.

NASA/JPL-CALTECH

معدات أقل حجمًا

من النادر وجود مساحات متاحة على المحطة الفضائية. ولذا، فقد تحتم على المهندسين تصغير حجم معدات الفيزياء الذرية التي عادة ما تشغل مساحة توازي مساحة غرفة كبيرة، بحيث لا يتجاوز حجمها حجم صندوق التبريد. وستُستعمل هذه الأجهزة في تبريد ذرات الروبيديوم والبوتاسيوم، عن طريق تشتيت ضوء الليزر من على الجسيمات في جميع الاتجاهات؛ وذلك لإبطاءها حتى تصل إلى حالة السكون التام تقريبًا. ومن ثم، تستخدم الأجهزة الحقول المغناطيسية لاحتجاز السحابة. ولتكوين التكاثف، يتم استخدام تقنيات تبريد أخرى لدفع درجة حرارة السحابة أقرب فأقرب إلى الصفر المطلق، مثل كشط أكثر الذرات نشاطًا باستخدام "سكين" من موجات الراديو، وأيضًا توسيع المصيدة؛ للسماح للسحابة بالتمدد.

اضطر المهندسون أيضًا إلى تصميم دروع واقية؛ لحماية التكاثف الحساس من التداخل مع المكونات المكتظة، وحمايتها من المجال المغناطيسي المتغير للأرض. وفي حين أن رواد الفضاء سيقومون بفك وتثبيت المعدات، فإن التجارب ستُجرى فقط عندما يكون أعضاء الفريق نائمين؛ لتقليل الاضطراب الناتج عن أي تحركات.

لقد خرجت هذه التقنية بشكل أبسط مما كان مُخطَّطًا له في البداية، وذلك بعد أن نتج عن نسخة أكثر تعقيدًا من المختبر تسرُّب أثّر على غرفة التفريغ، وهدَّد بتأخير المشروع. ولذا، لن يتمكن الفيزيائيون بعد من تحقيق هدفهم النهائي، المتمثل في قياس التداخل الذري في الفضاء، وهي عملية تتضمن تقسيم موجة الكَمّ الخاصة بالتكاثف إلى موجتين، وإعادة تجميعهما. وتسمح أنماط التداخل الناتجة للعلماء بتحليل آثار الجاذبية بدقة مبهِرة، وكذلك اختبار إمكانية استخدام التكاثف كوسيلة استشعار للدوران والجاذبية بالغة الدقة. وحسب قول روبرت طومسون، عالِم المشروع الخاص بالبعثة بمختبر الدفع النفاث، من المنتظر وصول المعدات الأكثر تطورًا بحلول نهاية عام 2019.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فقاعات، وحلقات، ودوّامات

يقول طومسون إن النسخة الحالية من المختبر لا تزال تتيح استكشاف فيزياء جديدة. ومن المقرر أن تقوم خمسة فرق بإجراء التجارب ضمن المختبر؛ إذ يخطط فريق منهم لاستخدام موجات الراديو والمجالات المغناطيسية؛ لاحتجاز التكاثف في شكل فقاعة قطرها 30 ميكرومترًا تقريبًا، أي ما يقرب من نصف قطر شعرة الإنسان. وتقترح ميكانيكا الكَمّ أنه نظرًا إلى أن الفقاعة رقيقة وبلا حواف، فإن التكاثف ينبغي أن يَصدُر عنه سلوك يختلف عن سلوكه حال كونه في شكل قرص، أو كرة على سطح الأرض. على سبيل المثال، قد يشكل التكاثف دوامات تُعرف بـ"الدوّارات" بسهولة أكبر، وذلك حسب قول كورتني لانيرت، عالمة الفيزياء النظرية بكلية سميث في نورثامبتون بولاية ماساتشوستس. أما على الأرض، فدائمًا ما تنتهي محاولات تشكيل الفقاعات إلى أشكال قصعية عند سقوط السائل. وتوضح لانيرت: "لا يمكننا مطلقًا الوصول إلى هذا الشكل، إلا إذا استطعنا التخلص من الجاذبية".

ستحاول مجموعة بقيادة إيريك كورنيل، من جامعة كولورادو في بولدر، والحائز على جائزة نوبل في عام 2001، لمشاركته في اكتشاف تكاثف بوز-آينشتاين، وَضْع أنظمة غير مألوفة وضعيفة الترابط، تُعرف بحالات «إيفيموف». سُميت هذه الحالات الكمية بهذا الاسم، تيمنًا بعالِم الفيزياء النظرية الروسي فيتالي إيفيموف، الذي اقترح وجودها في عام 1970. وتظهر هذه الحالات الكمية بشكل غير متوقع حينما لا تستطيع الذرات أن تترابط ترابطًا قويًّا بما يكفي لتكوين مجموعات ثنائية الذرات، وإنما يكون كل ما بوسعها تكوين مجموعات ثلاثية الذرات فقط. تتشابه هذه الحالات مع حلقات بورومين - وهي حلقات مرتبطة بطريقة يتفكك فيها النظام، إذا تمت إزالة أيّ حلقة – وتستقطب اهتمام علماء الفيزياء النووية، لِمَّا لها من أوجه تشابه مع الأنوية ثلاثية الجسيمات، التي تتكون من نيوترونات وبروتونات، وهي أنوية نادرة وغير مفهومة بشكل جيد. ويأمل الفريق في تشكيل أبسط حالات إيفيموف، ولكنهم يأملون أيضًا في تكوين نُسخ مُثارة ومتضخمة من تلك الحالات، تترابط فيها الذرات مع بعضها البعض، على الرغم من كونها متباعدة فيما بينها بمقدار عرض جرثومة بكتيريا واحدة. وتشير مارين موسمان، الفيزيائية بجامعة ولاية واشنطن في مدينة بولمان، إلى أن المجموعة قد تكون قادرة أيضًا على تشكيل مجموعات رباعية من هذه الذرات، تُعرف باسم "الرباعيات" terramers.

«لا يمكننا مطلقًا الوصول إلى هذا الشكل، إلا إذا استطعنا التخلص من الجاذبية».

وتضيف موسمان أن علماء الفيزياء الذرية سيجدون بيئة العمل في محطة الفضاء غير اعتيادية، لأسباب تتعلق بالحاجة إلى ترتيبات أكثر عملية. فلقد اعتاد العلماء تركيب معداتهم الخاصة، وضبط التجارب أثناء إجرائها. أمّا في حالة مختبر الذرات الباردة، يعمل كثيرون في منشأة مشتركة للمرة الأولى، ويتحتم عليهم إجراء التجارب بمساعدة باحثي مختبر الدفع النفاث، الذين يقومون بتشغيل المختبر من على سطح الأرض. وتستطرد موسمان: "لقد اعتاد علماء فيزياء الجسيمات فعل ذلك من البداية، لكن يبدو الأمر شديد الغرابة بالنسبة لنا في الفيزياء الذرية".

ويقول طومسون - الذي عمل على إنشاء هذا المختبر منذ انضمامه إلى مختبر الدفع النفاث في عام 1997 - إن عملية الإنشاء نجحت "بشكل أفضل مما توقع معظمنا". ويعتقد طومسون أن النسخة الحالية من المختبر هي خطوة نحو إنشاء مختبرات أكثر تعقيدًا للفيزياء الذرية في الفضاء، ويذكر في هذا الصدد التعاون الجاري بين وكالة ناسا والمركز الألماني لشؤون الفضاء الجوي (DLR) لإنشاء مختبر يُدعى BECCAL (مختبر تكاثف بوز-آينشتاين والذرّات الباردة). ويشير إلى اضطلاع تجارب عديدة بالفعل في المحطة الفضائية باختبار تأثيرات الجاذبية المنخفضة، ولكن بالنسبة إلى الغالبية، تُعتبر الجاذبية الميكروية القصوى مهمة غير ضرورية. يضيف طومسون: "نحن نقوم بإحدى التجارب التي ستُبْرِز حقًّا ما يمكن لمحطة الفضاء القيام به". ■

الأبحاث الطبية الحيوية

باحثو السرطان يضغطون لتخفيف قواعد التجارب الإكلينيكية

تبحث الحكومة الأمريكية فيما إذا كانت معايير الدراسات تستبعد بعض الأشخاص دون داعٍ، أم لا.

هايدي ليدفورد

تفشل حوالي 20% من التجارب الإكلينيكية المموَّلة حكوميًّا في الولايات المتحدة، بسبب عدم قدرة الباحثين على تسجيل عدد كافٍ من المشاركين. ومع ذلك، فإن المرضى وأطباءهم يصابون غالبًا بالإحباط عندما يواجهون متطلبات الانضمام إلى الدراسات، التي تكون مستعصية في بعض الأحيان.

يعمل الباحثون حاليًّا على تعديل القوائم الطويلة لمعايير الأهلية للتجارب، على أمل التخلص من القواعد غير الضرورية، التي قد تعوق البحث. ففي 16 من إبريل الماضي، التقى ممثلو إدارة الغذاء والدواء الأمريكية بأصحاب المصالح في واشنطن العاصمة؛ لمناقشة كيف أن معايير الأهلية الصارمة للتجارب الإكلينيكية يمكن أن تحدّ من فرص المرضى للوصول إلى العلاجات التجريبية، ومن جودة البيانات التي تنتجها الدراسات. وتخطط الإدارة لاستخدام المعلومات التي تجمعها في وضع مبادئ توجيهية لصُناع العقاقير.

يقول ستيوارت ليكتمان، أخصائي الأورام في مركز سلون كيترينج التذكاري للسرطان في مدينة نيويورك: "قد يكون لديك أعظم الأفكار وأعظم العلوم، لكن إذا لم ينضم أحد إلى الدراسة، فما الفائدة من هذه الأفكار والعلوم؟"

تهدف شروط الأهلية - في العادة - إلى حماية المشارِك، أو الدراسة. فعلى سبيل المثال، قد لا يُسمَح للمشاركين المصابين بدرجة معينة من فشل الكبد بالمشاركة في تجربة لعقار يُعتقَد أنه يُشكِّل خطرًا على الكبد. وقد تَستبعِد المعايير أيضًا الأشخاص المصابين بحالات قد تُربِك نتائج الدراسة.

على أن بعض الباحثين يقولون إن عقلية "القَصّ، واللصق" قد أدت إلى زيادة شروط التجارب الإكلينيكية مع مرور الوقت؛ إذ استخدم العلماء بروتوكولات التجارب السابقة كنماذج لدراساتهم القادمة. وقد يقيّد ذلك المشاركة في التجارب على نحو غير ضروري.

وجد ديفيد جربر - أخصائي سرطان الرئة في مركز ساوث ويسترن الطبي، التابع لجامعة تكساس في دالاس - ومعاونوه أن 80% من التجارب الإكلينيكية التي أُجريت تحت رعاية المعهد الوطني الأمريكي للسرطان استثنت أشخاصًا شُخِّصَت حالاتهم في السابق بإصابتهم بالسرطان (D. E. Gerber *et al*. *J. Natl Cancer Inst*. **106**, dju302; 2014)، لكن في حالات عديدة، حسب قول ديفيد، ربما يكون السرطان السابق قد اكتُشف مبكرًا؛ وعولج بنجاح، قبل إصابة الشخص بسرطان الرئة.

يقول ديفيد: "ما يحبطني حقًّا هو الحالات التي كنت مقتنعًا فيها فكريًّا وشعوريًّا بأن المرضى مؤهلون. وإذا كان لديَّ العلاج نفسه بالضبط خارج تجربة إكلينيكية؛ لكنتُ قد أعطيته لهم، دون قلق".

تَوصَّل مشروع مشترك بين إدارة الغذاء والدواء الأمريكية، والجمعية الأمريكية لعلم الأورام الإكلينيكي في مدينة الإسكندرية بولاية فيرجينيا، ومجموعة «أصدقاء أبحاث السرطان» في واشنطن العاصمة إلى أنه يمكن – في الغالب - تعديل خمسة معايير شائعة من معايير الأهلية لتجارب السرطان، دون الإضرار بالمشاركين، أو بسلامة التجربة. وقد نشر الفريق نتائجه في أكتوبر الماضي (E. S. Kim *et al*. *J. Clin. Oncol*. **35**, 3737–3744; 2017).

وعلى سبيل المثال، كان يُستبعَد في السابق المصابون بفيروس نقص المناعة البشرية من التجارب، بسبب ضعف التنبؤ بمسار المرض لديهم. وقد خلص المشروع المشترَك إلى أن هؤلاء الأشخاص الآن - مع خضوعهم للعلاج - يعيشون غالبًا مثل غير المصابين بالفيروس، ويجب إدراجهم في العديد من تجارب السرطان.

كما أوصى فريق المشروع بوجوب قيام الباحثين في بعض الحالات بتخفيف القيود المفروضة على مَن يعانون من خلل وظيفي في الأعضاء. ويقول ليكتمان إنّ هذا قد يكون مهمًّا بشكل خاص فيما يتعلق بالسكان المسنين في بعض البلدان، ومنها الولايات المتحدة. ويشير إلى أن القيود قد فُرِضت عندما كانت علاجات السرطان أكثر سُمّية بوجه عام، وقد لا تكون ضرورية مع العقاقير المتوفرة اليوم، التي تتميز بأنها موجَّهة بشكل أكبر.

يضيف ليكتمان قائلًا إنّ إحدى التوصيات التي قد تثير ◄

بعض الجدل هي الضغط لخفض سن الأهلية للكثير من تجارب سرطان البالغين من عُمر 18 عامًا إلى 12 عامًا. ويقول إدوارد كيم - أخصائي الأورام في مؤسسة «أتريوم هيلث» في مدينة تشارلوت بولاية كارولاينا الشمالية، الذي كان يرأّس جهود الجمعية الأمريكية لعلم الأورام الإكلينيكي - إن هذا يعكس فهمًا لعملية الاستقلاب الأساسية للعقاقير. ويضيف: "لا يوجد شيء سحري في عُمر الثامنة عشرة. فجِسْمك يقوم باستقلاب العقاقير في عمر الثانية عشرة بطريقة الاستقلاب نفسها في عُمر الثامنة عشرة".

غير أن، بعض أطباء السرطان المتخصصين في علاج البالغين قد يشعرون بعدم الارتياح عند التعامل مع صغار السن، ويتم علاج هؤلاء الصغار غالبًا في المستشفيات المتخصصة في علاج الأطفال، على عكس التجارب الإكلينيكية التي تُجرى على البالغين. وإضافة إلى ذلك، فإن غالبية أمراض السرطان التي تصيب المراهقين نادرة الحدوث، وقد تختلف عن أمراض السرطان التي تصيب البالغين، حتى عندما تبدأ في العضو نفسه. ويعني ذلك أن التعديل قد يكون له تأثير ضئيل على الأبحاث بوجه عام، حسب قول بيتر آدامسون، أخصائي أورام الأطفال في مستشفى الأطفال في فيلادلفيا بولاية بنسلفانيا. ومع ذلك، فإن التعديل يظل قادرًا على مساعدة المراهقين الذين كان من الممكن استبعادهم من التجارب، لولا هذا التعديل. ويستطرد قائلًا: "هذا هو الفعل الصائب الذي ينبغي القيام به".

يعمل كيم وآخرون الآن من أجل رؤية تنفيذ التعديلات، وقد قدموا اقتراحاتهم إلى برنامج مؤثِّر، ينسّق التطوير الإكلينيكي للعلاجات الجديدة في المعهد الوطني الأمريكي للسرطان. ويقول كيم إنه قد تَلَقَّى اتصالات من باحثين في شركات أدوية كبرى، يتوقون إلى إجراء التعديلات في تجاربهم القادمة.

وقد تكون نتيجة ذلك - على حد قول كيم - هي إنتاج بيانات أكثر صلة بالأشخاص الذين يعالجهم هو وزملاؤه كل يوم، حيث يقول: "يتمتع هؤلاء المرضى بهذه الخصائص، وسوف يعالجهم أطباؤهم في نهاية الأمر. هذا هو العالم الحقيقي". ■



في كثير من الأحيان يجب أن يفي المشاركون في التجارب الإكلينيكية التي تُجرى على عقاقير السرطان بقائمة طويلة من معايير الأهليّة.

JAMIE COTTEN/THE WASHINGTON POST/GETTY

الطب الحيوي

انطلاق العمل بالفيروسات المضادة للسرطان

نتائج دراسات مشجعة، ومجموعة من التجارب الإكلينيكية تثير الاهتمام بهذا الأسلوب العلاجي.

هايدي ليدفورد

أعلنت شركة الأدوية العملاقة «جونسون آند جونسون» - في الثاني من مايو الماضي - أنها ستدفع مبلغًا يصل إلى مليار دولار أمريكي؛ للاستحواذ على إحدى الشركات التي تُصنِّع فيروسات قاتلة للسرطان. ويُعَد الدعم المدهش لهذا العلاج - الذي لم تثبت فعاليته بعد - أحدث دليل على أن صُنّاع الأدوية والأكاديميين بدأوا يتحمسون لهذا الأسلوب العلاجي.

ففي شهر فبراير الماضي، وافقت شركة «ميرك» - التي يقع مقرها الرئيس في كينيلورث بولاية نيوجيرسي - على دفع 394 مليون دولار أمريكي؛ للاستحواذ سريعًا على شركة أسترالية تعمل على الفيروسات القاتلة للسرطان، أو ما يُعرَف بالفيروسات "الحالّة للأورام". وفي شهر إبريل الماضي، حضر 300 شخص المؤتمر الدولي للفيروسات الحالّة للأورام في أكسفورد بالمملكة المتحدة، الذي تجاوزت فيه طلبات التسجيل عدد الأماكن المتاح، على عكس أول مرة عُقِد فيه المؤتمر في أوائل العقد الأول من القرن الحالي، ولم يحضره وقتها سوى 60 مشاركًا تقريبًا. وتعليقًا على هذا يقول جون سيمون ديالو، عالِم الأحياء الجزيئية في معهد أبحاث مستشفى أوتاوا: "كان المؤتمر بمثابة اجتماعات صغيرة للغاية لهؤلاء الأشخاص المهووسين الذين يعملون على الفيروسات. لقد شهدنا تحولًا حقيقيًّا".

يُنسِب ديالو الفضل في إشعال الحماس في هذا المجال إلى اثنين من التطوّرات؛ أولهما قرار أصدرته إدارة الغذاء والدواء الأمريكية في عام 2015 بالموافقة على استخدام فيروس هربس مُعدَّل، يُسمَّى تاليموجين لاهيرباريبفيك (إيملجيك)، في علاج بعض أشكال الأورام الميلانينية. وقد كان ذلك أول فيروس لمكافحة السرطان يحظى بدعم تنظيمي في سوق الولايات المتحدة. أما التطور الآخر، فكان الأدلة الناشئة - الصادرة إلى حد كبير من الدراسات على الحيوانات - التي تفيد بأن الفيروسات قد تعمل بشكل أفضل عند استخدامها بالتزامن مع علاجات تُسمَّى مثبطات نقاط التفتيش، تعزِّز الاستجابات المناعية ضد الأورام.

يقول ديالو: "إن تزامن هذين الحدثين أضاف حقًّا قدرًا من الإثارة إلى مجال الفيروسات الحالّة للأورام". ويضيف قائلًا إن مثبطات نقاط التفتيش - على وجه الخصوص - قد غيّرت مسار الأمور.

لقد حاول الباحثون على مدار عقود تطوير فيروسات مقاومة للسرطان، آملين في الاستفادة من الملاحظات التي تعود إلى قرون مضت، وتشير إلى أن المصابين بالسرطان يتماثلون للشفاء أحيانًا بعد الإصابة بعدوى فيروسية. وقد حفَّز ذلك فِرَق العمل على تطوير مجموعة من الفيروسات التي مرت بتجارب إكلينيكية صارمة.

لم يحقق الكثير من هذه التجارب نجاحًا يُذكَر، وحتى عقار إيملجيك عجز عن إظهار أي تحسُّن ذي دلالة إحصائية في بقاء المرضى على قيد الحياة خلال تجربة إكلينيكية (R. H. I. Andtbacka *et al*. *J. Clin. Oncol*. **33**, 2780–2788; 2015). ومع ذلك.. فقد كانت النتائج كافية لإقناع إدارة الغذاء والدواء بالموافقة على استخدام العلاج مع الأورام الميلانينية التي قاومت العلاجات الأخرى. وقد أحيت هذه الدراسة أيضًا الأمل بين الباحثين، من خلال إظهار أن الفيروس الذي يُحقَن مباشرةً في ورم واحد يمكنه أن يكبح الأورام في أماكن أخرى من الجسم.

التركيبات القاتلة للسرطان

تعمل الفيروسات عن طريق إنشاء استجابة مناعية. فبعد أن يصيب الفيروس الخلايا السرطانية، ويقتلها، يزيل الجهاز المناعي الفيروس، ويتخلص في النهاية أيضًا من الخلايا السرطانية الميتة. ويقول توموكي تودو، وهو جرّاح أعصاب في جامعة طوكيو: "إن الأثر الجانبي لإزالة الفيروس هو أن جهاز المناعة المجموعي يتعرّف على الخلايا السرطانية، ثم يبدأ بعد ذلك في مهاجمة الخلايا السرطانية غير المصابة بالفيروس".

واستنتج العلماء أن تعزيز مثل هذه الاستجابة المناعية - عن طريق استخدام أحد مثبطات نقاط التفتيش، مثلًا - يمكن أن يضخم هذا التأثير غير المباشر. وفي بعض الأحيان، تسبّب هذه المثبطات خمول السرطان لسنوات، لكن في عدد قليل فقط من الناس.

وتشير الدراسات التي أُجريت على الفئران إلى أن الجمع بين مثبطات نقاط التفتيش، والفيروسات القاتلة للسرطان قد يزيد من هذا العدد. وفي تجربة إكلينيكية صغيرة شملت 21 شخصًا مصابًا بأورام ميلانينية متقدمة، أدّى استخدام إيملجيك - جنبًا إلى جنب مع أحد مثبطات نقاط التفتيش - إلى تقليص حجم الأورام بشكل ملحوظ في 62% من المشاركين، والتخلص منها تمامًا في 33% منهم (A. Ribas *et al*. *Cell* 170, 1109–1119; 2017).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وعندما جمع الباحثون مثبطات نقاط التفتيش مع علاجات أخرى؛ حققوا نجاحًا متفاوتًا. وقد فشلت تركيبات - كانت مرتقبة بحماس شديد - في التجارب الإكلينيكية. ويقول في هذا الشأن ديمتري زامارين، وهو إخصائي أورام في مركز ميموريال سلون كيترينج للسرطان في مدينة نيويورك: "هل يمكن أن يحدث الشيء نفسه مع الفيروسات الحالّة للأورام؟ بالطبع".

ورغم هذا.. إلا أن زامارين وآخرين متفائلون تفاؤلًا مشوبًا بحذر. ويشير زامارين إلى أن العديد من تركيبات مثبطات نقاط التفتيش يستهدف بروتينًا معينًا، بينما تثير الفيروسات الحالّة للأورام استجابة مناعية أوسع نطاقًا، يمكن أن تستهدف السرطان بعدة طرق مختلفة. ويقول: "إن هذا يمنحنا بعض الراحة". ■

الفضاء

خريطة لمليار نجم على وشك أن تغيِّر علم الفلك

بعثة «جايا» الأوروبية تُصدِر أكثر الخرائط ثلاثية الأبعاد تفصيلًا حتى الآن لدرب التبانة.

دافيديه كاستيلفيكي

بعد انتظار دام طويلًا، أصبح لدى علماء الفلك حول العالم فيض من المعلومات الجديدة ليستكشفوها. ففي 25 إبريل من هذا العام، نشرت بعثة «جايا» - التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية - أولى خرائطها ثلاثية الأبعاد لدرب التبانة بشكل كامل.

تشمل البيانات المُتحصَّل عليها مواقع ما يقرب من 1.7 مليار نجم، إلى جانب المسافات، والألوان، والسرعات، واتجاهات الحركة الخاصة بحوالي 1.3 مليار من هذه النجوم. وتُكوِّن هذه البيانات مجتمعة بثًّا مباشرًا غير مسبوق للسماء، يغطي مساحة أكبر ألف مرة مما التقطته أيّ عملية مسح سابقة (انظر: «كنز جايا»). وتقول ميجان بيدل، التي تعمل في مركز الفيزياء الفلكية الحاسوبية في مدينة نيويورك، وتُعَد واحدة من بين العديد من علماء الفلك الذين يُجْرُون بالفعل دراسات قائمة على مجموعة البيانات المُشار إليها: "في رأيي المهني، الأمر رائع إلى حدّ الجنون". أما أنتوني براون، عالِم الفلك بمرصد لايدن في هولندا، الذي يرأس تعاون «جايا» لمعالجة البيانات، فيقول: "لدينا فضول شديد لرؤية ما سيفعله المجتمع الفلكي بهذه البيانات".

وفي فاعلية أُقيمت بالجمعية الفلكية الملكية في لندن؛ لتقديم فهرس «جايا»، عَرَض عالِم الفلك جيري جيلمور - من جامعة كامبريدج بالمملكة المتحدة - فيديو مدهشًا مُستخلَصًا من بيانات «جايا»؛ لمحاكاة الحركة المستقبلية لملايين النجوم. وقال: "كل شيء يتحرك".

انطلقت مركبة «جايا» الفضائية - البالغ وزنها طِنّان، وهي جزء من بعثة بقيمة مليار يورو (1.2 مليار دولار أمريكي) - في أواخر عام 2013، وبدأت في جمع البيانات العلمية في يوليو 2014. تدور «جايا» في مدار مستقر، يبقى ثابتًا بالنسبة إلى كلٍّ من الشمس، والأرض، وتقوم بقياسات متكررة؛ لتقدير المسافات إلى النجوم، والأجرام السماوية الأخرى، باستخدام تقنية تُسمَّى «اختلاف المنظر» Parallax.

وإلى جانب قاعدة بيانات، يبلغ حجمها 551 جيجابايت، أصدر فريق «جايا» أيضًا عددًا من الأوراق العلمية. وكان الهدف من هذه الأوراق هو وصف اختبارات الجودة التي أجراها الباحثون على البيانات، وشرح كيفية استخدام هذه البيانات؛ فتمثّلت سياسة البعثة في إتاحة الفهرس فورًا للمجتمع الفلكي، بدلًا من قَصره على الدراسات العلمية الخاصة بفريق البعثة أولًا.

تصف أوراق «جايا» العلمية كذلك ثروة من النتائج المميزة، حسب قول فلور فان لوين، وهو عالِم آخر من كبار علماء «جايا» بكامبريدج، في المؤتمر الصحفي. فأوضح فان لوين - على سبيل المثال - كيفية إثبات «جايا» للمرة الأولى أن بعض التجمعات النجمية تتضخم في وقت تنحسر فيه نجوم كبيرة نحو مراكزها. ويضيف قائلًا: "لم يكن مسموحًا لنا القيام باكتشافات، لكنْ لم يكن بوسعنا تجنُّبها".

ولإحدى هذه النتائج آثار تتجاوز بكثير درب التبانة. فبعض علماء الفلك متشوقون لرؤية قياسات «جايا» لأنواع محددة من النجوم المتغيرة التي تُستخدَم كما يُعرَف باسم "الشموع المعيارية" في علم الكَوْن. ومعرفة المسافات الدقيقة إلى هذه النجوم في درب التبانة تجعلها مفيدة كمعايير لقياس المسافات إلى مجرّات أبعد بكثير جدًّا. وعلى وجه التحديد، يَستخدِم علماء الفلك الشموع المعيارية؛ لتقدير سرعة تمدد الكون، إلا أنه في الأعوام الأخيرة، أصبحت القياسات القائمة على هذه التقنية متناقضة بوضوح مع التنبؤات المُجْرَاة باستخدام خرائط إشعاع الخلفية الكونية الميكروي، وهو التوهج اللاحق للانفجار العظيم. وعند إلقاء نظرة أولية على البيانات، يتضح أن «جايا» قد حَسّنت دقة قياسات الشموع المعيارية، حسبما قال جيلمور في المؤتمر الصحفي، لكنه أضاف أنه: "في ظاهر الأمر، لا يزال هناك قلق".

ظهرت العشرات من الأبحاث التي لم تُنشَر بعد في الأيام اللاحقة لذلك المؤتمر الصحفي؛ إذ قامت فِرق حول العالم بتحميل بيانات «جايا»، وإخضاعها لخوارزميات تم ضبطها لسنوات في إطار التحضير. فعلى سبيل المثال.. أصبح الباحثون الآن قادرين على اختبار نماذج توضِّح كيفية تكوُّن درب التبانة، عن طريق اندماج مجرات أصغر، وقياس توزيع المادة المظلمة.

أصدرت «جايا» فهرسًا أوليًّا في عام 2016، إلا أنها في ذلك الوقت لم تكن قد جمعت بيانات كافية لتقيس بشكل مباشر المسافات إلى العديد من النجوم. وستحتوي إصدارات البيانات القادمة على المزيد من المعلومات، وستتيح إجراء أنواع جديدة تمامًا من الدراسات. وسوف يكون الإصدار القادم في عام 2020. هذا.. ويراقب المسبار أيضًا الكويكبات، ويساعد العلماء على تتبع الأجرام التي تبدو في مسار تصادمي مع الأرض.

إنّ مركبة «جايا» لديها ما يكفيها من الوقود؛ لتستمر في العمل حتى عام 2024، إذا لم يتعطل فيها شيء، ومَدَّت وكالة الفضاء الأوروبية مُدّة البعثة لما بعد تاريخ انتهائها الحالي، المقرر خلال عام 2019، حسب قول تيمو بروستي، العالِم في المشروع، ويعمل كذلك في مركز أبحاث وتكنولوجيا الفضاء، التابع للوكالة في نوردفايك بهولندا. ويضيف بروستي قائلًا إنّ المسبار في حالة جيدة بوجه عام. ■





بعد بضع عمليات رصْد تاريخية، يوجه باحثو موجات الجاذبية أنظارهم نحو مجموعة من الأهداف العلمية الطموحة.

دافيديه كاستيلفيكي

في منتصف ثمانينيات القرن العشرين، توصّل برنارد شوتز إلى حلٍّ جديدٍ لواحدة من أقدم مشكلات علم الفلك، وهي كيفية قياس المسافة بين الأرض والأجرام الأخرى في الكون. فعلى مدار أجيال، اعتمد الباحثون على درجة سطوع الجرم كمقياس تقريبي للمسافة التي يبعدها عن الأرض، غير أن هذا النهج يحمل في طياته تعقيدات لا حصر لها، منها مثلًا أن النجوم القريبة الخافتة من الممكن أن تبدو - خطأً - كأنها نجوم ساطعة واقعة على مسافة أبعد.

أدرك شوتز، وهو فيزيائي بجامعة كارديف بالمملكة المتحدة، أن موجات الجاذبية يمكنها أن تقدم الإجابة؛ فإذا استطاعت أجهزة الكشف قياس هذه التموجات في نسيج الزمان والمكان، النابعة من تفاعل أزواج من الأجرام البعيدة معًا، سيمتلك العلماء حينها كل المعلومات المطلوبة لحساب القوة التي كانت عليها الإشارة في البداية؛ ومن ثم حساب المسافة التي قطعتها الموجات كي تصل إلى الأرض. لذا، تنبأ شوتز بأن موجات الجاذبية قد تكون بمثابة علامات جلية على السرعة التي يتمدد بها الكون.

وقد بدت فكرته رائعة، لكنْ غير عملية، إذ لم يكن بوسع أي شخص وقتها رصد موجات الجاذبية، لكنْ في أغسطس الماضي سنحت الفرصة لشوتز أخيرًا كي يختبر هذا المفهوم، حين مرَّت أصداء اندماج نجمين نيوترونيين، حدث قبل 130 مليون عام، عبر أجهزة كشف موجات الجاذبية الموجودة على الأرض. ولحسن الحظ، وقع الحدث في مجرّة قريبة نسبيًّا، وهو ما نتج عنه قياس أوّلي أنقى كثيرًا مما كان يحلم به شوتز. وباستخدام هذا المُعطى الوحيد، تمكّن شوتز من إظهار أن نهجه قد يصبح أحد أكثر المناهج مصداقية لقياس

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المسافات. يقول شوتز: "كان من الصعب تصديق الأمر، لكنه هذا ما حدث بالفعل".

وبإمكان مزيد من أحداث الاندماج المماثلة أن تساعد الباحثين على حسم الجدل المستمر حول السرعة التي يتمدد بها الكون حاليًّا، غير أن عِلْم الكون ليس المجال الوحيد الذي يستطيع جَنْي مكاسب عظيمة من رصد موجات الجاذبية في السنوات المقبلة. فمع توصُّل العلماء المتخصصون في دراسة موجات الجاذبية بالفعل إلى عدد قليل من الاكتشافات، أصبح لديهم الآن قائمة طويلة مما يتوقعون أن تجلبه البيانات الإضافية، ومنها رؤى ثاقبة حول أصل الثقوب السوداء الكونية، والظروف العنيفة داخل النجوم النيوترونية، وتأريخ للكيفية التي نَظَّم بها الكون نفسه في مجرّات، وكذلك أشد الاختبارات صرامة لنظرية النسبية العامة، لآينشتاين، بل ومن الممكن أن تتيح موجات الجاذبية كذلك فرصة لفهم ما حدث في اللحظات القليلة الأولى التالية للانفجار العظيم.

سيبدأ العلماء قريبًا في العمل على النقاط المتضمنة في هذه القائمة، وذلك بمساعدة مرصد قياس تداخل موجات الجاذبية بالليزر «ليجو» LIGO، ومرصد «فيرجو» Virgo بالقرب من مدينة بيزا في إيطاليا، وكاشف مشابه في اليابان، قد يبدأ عمليات الرصد في العام المقبل. كما سيحظون بدفعة إضافية من أجهزة قياس التداخل الفضائية والأجهزة الأرضية التي لا تزال في مرحلة التخطيط النظري، وكذلك أساليب أخرى قد تبدأ قريبًا في أولى عمليات الرصد الخاصة بها لموجات الجاذبية (انظر: «طيف موجات الجاذبية»).

ويأمل شوتز، شأن علماء كثر، أن تكون أفضل الاكتشافات هي تلك التي لم يحلم بها أيّ مِن الباحثين النظريين، ويقول: "كلما بدأتَ في رصد شيء جديد تمامًا، تكون هناك دائمًا فرصة لرؤية أشياء لم تتوقعها".

أدلة دوَّارة

لكونه مجالًا بحثيًّا لا يزيد عمره عن ثلاثة أعوام، حقَّق علم الفلك الخاص بموجات الجاذبية اكتشافات بمعدلات مذهلة على نحو فاق أفضل التوقعات. فبالإضافة إلى اكتشاف اندماج النجمين النيوترونيين في أغسطس، سجَّل مرصد «ليجو» منذ عام 2015 خمسة أزواج من الثقوب السوداء وهي تندمج معًا في ثقوب أكبر (انظر: «صنع الموجات»). وتُعَد هذه الاكتشافات البرهان الأكثر مباشرة إلى الآن على أن الثقوب السوداء موجودة حقًّا، وأنها تمتلك الخصائص التي تنبأت بها النسبية العامة. كما أنها كشفت - للمرة الأولى - عن وجود أزواج من الثقوب السوداء، يدور بعضها حول بعض.

ويأمل الباحثون الآن في معرفة كيف نشأت هذه الأزواج. فمِن المفترض أن يتشكل كل ثقب أسود بكل زوج حين ينفد وقود النجوم الضخمة من لُبِّها، وينهار النجم على نفسه، مطلقًا انفجار مستعر أعظم، ومخلِّفًا وراءه ثقبًا أسود، تتراوح كتلته بين بضع مرات إلى عشرات المرات كتلة الشمس.

يوجد سيناريوهان رئيسان للكيفية التي يمكن بها لثقبين أسودين أن يصبحا يدوران حول بعضهما البعض. فقد يبدأ الأمر بنجمين ضخمين، كل منهما يدور في مدار الآخر، ويظلّا معًا، حتى بعد أن يتحول كل منهما إلى مستعر أعظم، أو قد يتشكل الثقبان الأسودان على نحو مستقل، لكنهما يقتربان من بعضهما البعض فيما بعد، نتيجة تفاعلات الجاذبية المتكررة مع الأجرام الأخرى، وهو أمر يمكن حدوثه في مراكز العناقيد النجمية الكثيفة.

على أي حال، تنتشر طاقة الجُرْمان تدريجيًّا في صورة موجات الجاذبية، وهي عملية تجذب الزوجين معًا في حركة لولبية أسرع وأشد إحكامًا، وفي النهاية يندمجان في ثقب أسود واحد أضخم. يقول إليا ماندِل - الباحث الفيزياء الفلكية النظرية في جامعة برمنجهام بالمملكة المتحدة - إنه كي يتمكن مرصدا «ليجو» و«فيرجو» من رؤية مثل هذه الأزواج وهي تندمج، من الضروري أن يكون الثقبان الأسودان التقليديان قد بدأ مدارهما المشترك، والمسافة الفاصلة بينهما أقل من رُبع المسافة بين الأرض والشمس. ويتابع ماندِل بقوله: "إذا بدأ الأمر والمسافة بين الثقبين الأسودين أبعد من ذلك، ستستغرق العملية وقتًا أطول من عمر الكون" ليحدث الاندماج بينهما.

إن أحداث الاندماج الخمسة للثقوب السوداء، التي اكتُشفَت إلى الآن، ليست كافية لتحديد أيّ مِن سيناريوهي التشكُّل يتصدر المشهد. على أنه في أحد تحليلات شهر أغسطس، المُجراة حول عمليات الرصد الثلاث الأولى، اقترحت مجموعة تتضمن ماندِل وويل فار - وهو عالِم نظري متخصص في الفيزياء الفلكية، وعضو بفريق مرصد «ليجو» من جامعة برمنجهام - أنه بإمكان عشر مشاهَدات أخرى فقط أن تقدِّم أدلة كافية لترجيح أحد السيناريوهين على الآخر[1]. ومن شأن ذلك أن يتضمن إمعانًا للنظر في موجات الجاذبية، بحثًا عن أدلة حول كيفية دوران الثقوب السوداء، إذ إن الثقوب التي تقترن معًا بعد تشكُّلها على نحو مستقل من المفترض أن تكون اتجاهات دورانها عشوائية، بينما تلك التي لها منشأ مشترك من المفترَض أن تكون محاور دورانها موازية لبعضها البعض، ومتعامدة تقريبًا على المستوى الذي تدور فيه.

وبوسع مزيد من المشاهَدات تقديم رؤى مفيدة حول بعض الأسئلة الجوهرية المتعلقة بعملية تشكُّل الثقوب السوداء، وبالتطور النجمي. ومن المفترَض أن يؤدي جمْع عدد كبير من قياسات الكتل إلى الكشف عن فجوات؛ أي نطاقات لا يوجد بها سوى عدد قليل من الثقوب السوداء، أو تكون خالية منها تمامًا، كما تقول فيكي

صنع الموجات

حين يدور ثقبان أسودان، أو نجمان نيوترونيان في مسار حلزوني، كل منهما نحو الآخر، فإنهما ينتجان تموجات مميزة في نسيج الزمان والمكان، تُعرف بموجات الجاذبية. وقد أعلنت الفرق العاملة لدى كاشفي مرصد "ليجو" بالولايات المتحدة، ومرصد "فيرجو"، وهو المرصد المُناظِر له في إيطاليا، عن رصد ستة أحداث اندماج حتى الآن.

فك شفرة موجة

عند استقبال أي إشارة، فإن التردد، وكذلك المعدل الذي يتغير به التردد، يقدمان معلومات عن كُتلتي الجُرمين الموجودين في المصدر الثنائي.

الأرض
الموجة المُستقبَلة
المصدر
التردد
التغير

باستخدام هذه المعلومات، يستطيع الفيزيائيون بعد ذلك تحديد مقدار القوة التي كانت عليها موجات الجاذبية عند المصدر.

المصدر
الأرض

يشير الاختلاف بين قوة الموجة المُستقبَلة، وقوة الموجة المُتنبأ بها إلى المسافة التي قطعتها الموجات عبر الفضاء.

أحداث اندماج رُصدَت بالفعل من قِبل مرصدي "ليجو"، و"فيرجو"

ها هي أحداث الاندماج الثنائية التي التقطها المرصدان إلى الآن. وقد سُمِّي كل اكتشاف بالتاريخ الذي رُصد فيه.

مليون فرسخ فلكي من الأرض
300 600 900

GW170817 (نجمان نيوترونيان)
ك ث: 1.1 – 1.6

GW170814
ك ث: 31، 25
ك م: 52

GW170608
ك ث: 7، 12
ك م: 18

GW150914
ك ث: 29، 36
ك م: 62

GW151226
ك ث: 8، 14
ك م: 21

GW170104
ك ث: 32، 19
ك م: 49

مليارات السنين الضوئية من الأرض
1
2
3

بقية
أزواج ثنائية
ك ث = كتل ثنائية، تقاس بالكتل الشمسية
ك م = كتلة متبقية، تقاس بالكتل الشمسية

SOURCE: LIGO/VIRGO; DESIGN BY NIK SPENCER/NATURE

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

كالوجيرا، وهي عالمة في مجال الفيزياء الفلكية، ضمن فريق مرصد «ليجو» بـجامعة نورث ويسترن في إيفانستون بإلينوي. وتضيف قائلة تحديدًا إن "عدد الثقوب السوداء في نطاق الأحجام الصغيرة من المفترض أن يكون قليلًا للغاية"، لأن المستعرات العظمى الصغيرة نسبيًّا عادة ما تخلِّف وراءها نجومًا نيوترونية، وليس ثقوبًا سوداء، كبقايا منها. أما في نطاق الأحجام الكبيرة - التي تبلغ نحو خمسين مرة كتلة الشمس - يتوقع الباحثون أن يروا عَقَبة أخرى. ففي النجوم الكبيرة للغاية، يُعتقَد أن مستوى الضغط في لُبّها من شأنه أن يُنتِج في نهاية المطاف مادة مضادة، وهو ما يسبب انفجارًا عنيفًا للغاية، حتى إن النجم يتحلل ببساطة من دون تَرْك أي بقايا على الإطلاق. وقد جرى تصوُّر هذه الأحداث الفلكية - المسماة مستعرات عظمى مزدوجة عدم الاستقرار - بشكل نظري، لكن لا يدعم وجودها إلى الآن سوى أدلة رصدية شحيحة للغاية.

يقول راينر فايس، وهو عالِم فيزياء بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كامبريدج، وكان المصمم الرئيس لمرصد «ليجو»، إن عمليات الكشف عن الثقوب السوداء ستؤدي في نهاية المطاف إلى رسم خريطة للكون على غرار طريقة عمليات المسح المجرّي حاليًّا. ويضيف قائلًا إنه بمجرد أن تزداد الأعداد "سيمكننا حقًّا أن نبدأ في رؤية الكون كله من منظور الثقوب السوداء. وكل جانب من مجال الفيزياء الفلكية سيستفيد شيئًا من ذلك".

لزيادة هذه المشاهدات، وضع مرصدا «ليجو» و«فيرجو» خططًا لتحسين حساسيتهما، وهو ما سيؤدي ليس فقط إلى الكشف عن مزيدٍ من أحداث الاندماج، وإنما سيكشف أيضًا عن مزيد من التفاصيل حول كل عملية اندماج. ويتوق الفيزيائيون - من بين أمور عدة - لرؤية الموجات "المستقرة" التفصيلية التي يطلقها الثقب الأسود الناتج عن الاندماج وهو يستقر في شكل كروي؛ وهي من المشاهَدات التي قد تكشف عن ثغرات في نظرية النسبية العامة.

«يمكننا حقًّا أن نبدأ في رؤية الكون كله من منظور الثقوب السوداء».

إن إجراء مزيد من المشاهدات حول العالم سيكون ضروريًّا. قد يبدأ الكاشف «كاجرا» KAGRA - الذي لا يزال تحت الإنشاء في مكان عميق تحت الأرض في اليابان - في جمع البيانات بحلول أواخر عام 2019. ومن شأن موقعه - وتحديدًا اتجاهه، نسبةً إلى الموجات الواردة - أن يتمم عمل كل من مرصدي «ليجو» و«فيرجو»، ويمكِّن الباحثين من أن يحددوا بدقة استقطاب موجات الجاذبية، الذي يحمل معلومات حول اتجاه المستوى المداري، ودوران الأجرام الدوَّارة. كما تخطط الهند لبناء مرصد آخر في العقد القادم، مصنوع بشكل جزئي من أجزاء فائضة من مرصد «ليجو».

وهناك كنز أكبر من الاكتشافات، قد يأتي من رصْد أحداث اندماج النجوم النيوترونية. وإلى الآن، أعلن الباحثون عن عملية رصد واحدة فقط من هذا النوع، تحمل الاسم GW170817. وهذه الإشارة - التي التُقطَت في أغسطس الماضي - كانت - بشكل شبه مؤكد - أكثر الأحداث الفلكية خضوعًا للدراسة المكثفة في تاريخ علم الفلك. وقد حلَّت عددًا من الألغاز القائمة منذ أمد بعيد بضربة واحدة، بما في ذلك منشأ عنصر الذهب، وغيره من المعادن الثقيلة في الكون[2]، إضافة إلى السبب وراء عدة دفقات من أشعة جاما[3].

ومن الممكن أن تتيح المشاهدات المتزايدة للعلماء استكشاف خفايا هذه الأجرام. فالنجوم النيوترونية يُعتقَد أنها أشد الصور التي يمكن أن تكون عليها المادة كثافةً، من دون أن تنهار لتُكَوِّن ثقبًا أسود، غير أن المقدار المحدد لهذه الكثافة لا يزال موضع تخمين؛ فليس بمقدور أي تجربة معملية دراسة هذه الأوضاع، كما يوجد عشرات المقترحات المتعلقة بما يحدث فيها. تتنبأ نظريات بأن الكواركات – تلك الأجزاء دون الذرية، المكوِّنة للبروتونات والنيوترونات - من المفترض أن تتحرر من بعضها البعض، وأن تهيم في الأرجاء، ربما في حالات من التوصيل الفائق، والميوعة الفائقة. في حين تقترح نظريات أخرى أن الكواركات الأثقل و"الغريبة" تتكوّن وتصير جزءًا من جسيمات عجيبة شبيهة بالنيوترونات.

إن التحديد الدقيق لأنصاف أقطار النجوم النيوترونية قد يمكِّن الفيزيائيين من تقييم النظريات، لأنها تتنبأ بـ"معادلات حالة" مختلفة؛ أي معادلات تربط بين الضغط، ودرجة الحرارة، وكثافة المادة. وتحدِّد مثل هذه المعادلات إلى أي مدى يمكن أن تنضغط المادة، ومدى عرض النجم النيوتروني ذي الكتلة المحددة، ومدى الضخامة التي يمكن أن تصل إليها هذه النجوم.

في نهاية المطاف، صارت الإشارة التي بلغت مُدّتها مائة ثانية، والمُستقبَلة في أغسطس الماضي، أعلى حدة مما يستطيع مرصدا «ليجو» و«فيرجو» التقاطه، وهو ما مَنَع المرصدين من رؤية اللحظات الأخيرة للنجمين النيوترونيين، التي يُفترض فيها أن يشوه أحدهما الآخر بطرق مِن شأنها أن تكشف عن حجمهما وصلابتهما، أو مقاومتهما للانضغاط. ومع ذلك، حسب قول بي. إس. ساتيابراكاش، وهو عالِم في مجال الفيزياء النظرية ضمن فريق «ليجو» من جامعة ولاية بنسلفانيا في يونيفرسيتي بارك، فإن ذلك الحدث الواحد "يُمَكِّننا من استبعاد معادلات الحالة التي تسمح بوجود نجوم نيوترونية، تزيد أنصاف أقطارها عن 15 كيلومترًا"؛ وهو رقم يتفق مع القياسات الأخرى، ويؤيد وجود مادة "أقل صلابة".

ستمنحنا عمليات الكشف المستقبلية، وكذلك أجهزة الكشف المستقبلية قدرًا أكبر بكثير من التفاصيل. يقول ساتيابراكاش إن تليسكوب أينشتاين - وهو مرصد مستقبلي محتمَل، حلم به فريق في أوروبا - من الممكن أن يأخذ الفيزيائيين إلى ما وراء الحد الأعلى بكثير. وعن هذا يقول: "نحن نريد أن نكون قادرين على أن نحدد نصف القطر بدقة تصل إلى مستوى المائة متر"؛ وهو مستوى مذهل من الدقة، نظرًا إلى أن هذه الأجرام تبعد عنا ملايين السنوات الضوئية.

إطلاق صافرات الإنذار

إن الإشارات الشبيهة بالإشارة GW170817، التي رُصِدَت عبر كل من موجات الجاذبية والضوء، من الممكن أن تحمل تداعيات بالغة الأثر على عِلْم الكون. ووفق الحسابات التي أجراها شوتز في عام 1985، فإن تردد الموجات الآتية من أجرام دوارة، أو حدتها، بالإضافة إلى المعدل الذي تزداد به هذه الحدة، يكشفان عن معلومات بشأن الكتلة الإجمالية للأجرام[4]. ويحدد ذلك مدى القوة التي يجب أن تكون عليها الموجات عند المصدر. وعن طريق قياس قوة الموجات التي تصل إلى الأرض – أي سعة الإشارة التي تلتقطها مقاييس التداخل بالفعل - يصبح بمقدور المرء تقدير المسافة التي قطعتها الموجات من المصدر. وفي ظل تَساوي كل العوامل الأخرى، فإن المصدر الواقع على مسافة مضاعفة، مثلًا، سينتج إشارة أضعف بمقدار النصف. وهذا النوع من الإشارات يُسمى صافرة إنذار قياسية، اقتداءً بالطريقة المتبعة لقياس المسافات في عِلْم الكون، فالنجوم المسماة الشموع المعيارية لها سطوع معروف جيدًا، ما يُمَكِّن الباحثين من حساب المسافات التي تفصلها عن الأرض.

وعن طريق الجمْع بين قياس المسافة الخاص بالإشارة GW170817، والتقدير الخاص بالسرعة التي تبتعد بها المجرات في تلك المنطقة عن الأرض، تَوَصَّل شوتز ومعاونوه إلى قياس تقديري جديد ومستقل تمامًا لثابت «هابل»، وهو معدل التمدد الحالي للكون (انظر: «معالم كونية»). وهذه النتيجة[5]، التي تُعَد حصيلة جزءًا من مجموعة من الأوراق البحثية الصادرة عن فريق مرصدي «ليجو» و«فيرجو»، وحوالي 70 فريقًا آخر بمجال علم الفلك في السادس عشر من أكتوبر (انظر: go.nature.com/2gbsgnq)، "تدشن حقبة جديدة لكل من عِلْم الكون، والفيزياء الفلكية"، كما تقول ويندي فريدمان، عالمة الفلك في جامعة شيكاجو بإلينوي، التي أجرت قياسات عالية الدقة لثابت «هابل»، باستخدام أساليب تقليدية، لكنها أقل مباشرة.

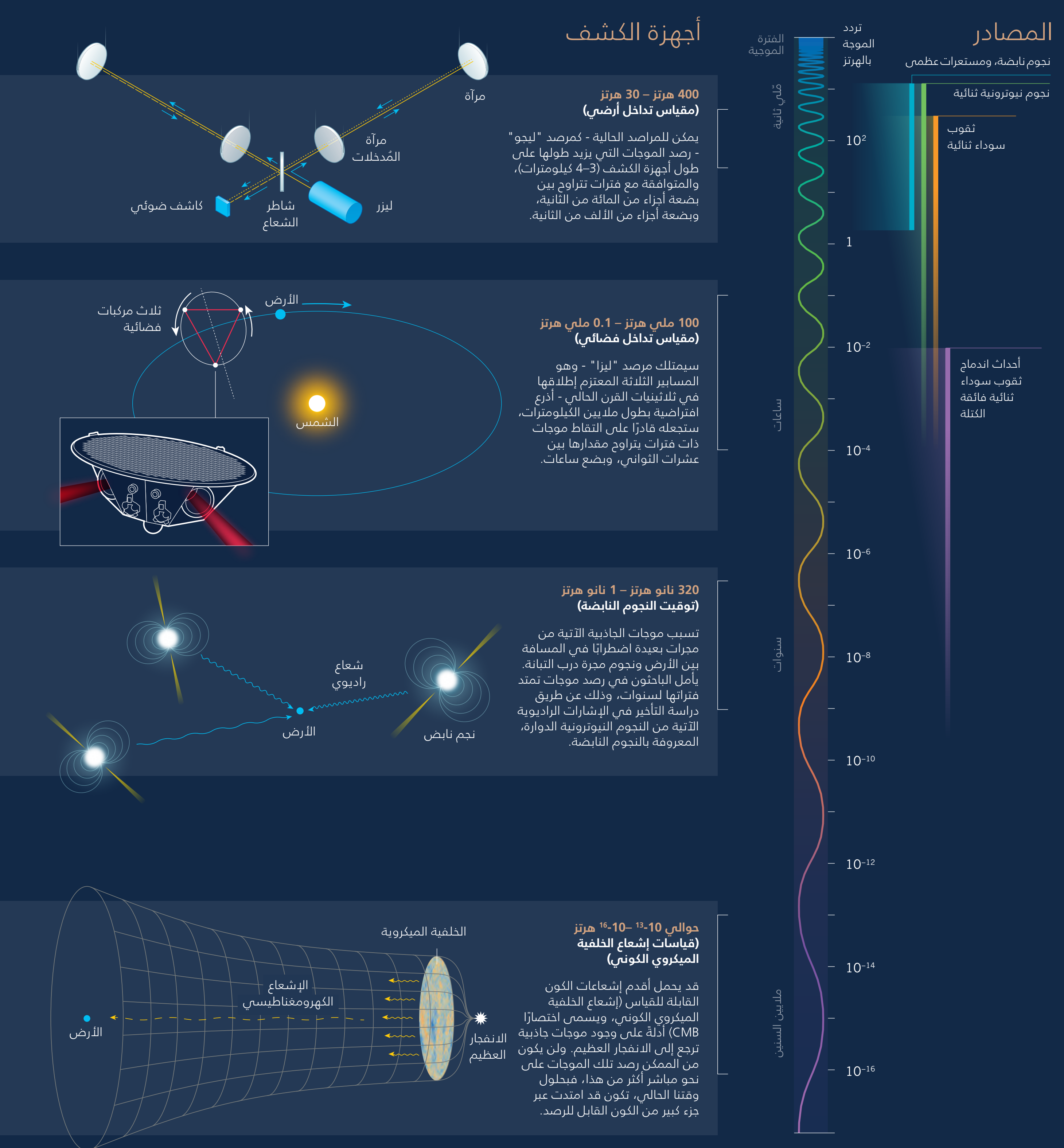
وباستطاعة صافرات الإنذار القياسية، بوصفها قياسًا مباشرًا ومستقلًّا لهذا الثابت، أن تساعد على حل أحد الخلافات بين علماء الكون، فإن أحدث الأساليب المتبعة، والمُنقَّحة على مدار حوالي قرن من العمل الذي بدأه إدوين هابل نفسه، تقدِّم الآن تقديرات تتباين فيما بينها بنسب مئوية قليلة. وهذا القياس الأول المعتمِد على صافرات الإنذار القياسية لا يحل الخلاف، إذ يقع معدل التمدد الذي ينتبأ به في منتصف النطاق، كما أن به هامش خطأ كبيرًا، لكونه مبنيًّا على حدث اندماج واحد فقط، لكن يتوقع الباحثون في المستقبل أن تحدد صافرات الإنذار القياسية ثابت «هابل» بهامش خطأ يقل عن 1%. وإلى الآن، حققت الشموع المعيارية ذلك بمعدلات دقة بين 2 و3% في المائة.

ومن الممكن أن تصبح صافرات الإنذار القياسية أدوات أقوى من ذلك، بفضل أجهزة قياس التداخل الفضائية، مثل المرصد المعروف باسم هوائي مقياس التداخل الليزري الفضائي («ليزا» LISA)، وهو مجموعة من ثلاثة مسابير تخطط وكالة الفضاء الأوروبية التي تقود المهمة لإطلاقها في ثلاثينيات هذا القرن. يهدف مرصد «ليزا» إلى التقاط الموجات ذات التردد المنخفض، التي تعجز المراصد الأرضية عن التقاطها. ومن شأن ذلك أن يتيح له الاطلاع على منظومات أكثر ضخامة، تطلِق موجات جاذبية أقوى. ومن الناحية النظرية، يستطيع مرصد «ليزا» التقاط صافرات الإنذار الآتية

SOURCE: NASA; DESIGN BY JASIEK KRZYSZTOFIAK/NATURE

طيف موجات الجاذبية

شأنها شأن الموجات الكهرومغناطيسية، تنبعث موجات الجاذبية من أجرام كثيرة مختلفة على نطاق عريض من الترددات. وتستطيع أجهزة قياس التداخل الأرضية - مثل مرصد موجات الجاذبية بالتداخل الليزري "ليجو"، ومرصد "فيرجو" - التقاط مجموعة فرعية فقط من هذه الترددات، مما يحد من قدرتها على "رؤية" ظواهر كونية معينة. فعلى سبيل المثال، سيعجز هذان المرصدان عن رصد تصادم الثقوب السوداء فائقة الكتلة، الموجودة في باطن المجرات، غير أن أجهزة قياس التداخل الفضائية وغيرها من طرق التقاط موجات الجاذبية باستطاعتها توسيع نطاق ما يمكن للفيزيائيين الوصول إليه.



معالم كونية

تُعَد أحداث اندماج النجوم النيوترونية أدوات جديدة لقياس ثابت "هابل"، وهو معدل التمدد الحالي للكون.

مجرة

زوج من النجوم النيوترونية

إشارة موجة الجاذبية

الأرض

إذ يُطْلِق حدث الاندماج الضوء أيضًا، من الممكن استخدام تليسكوبات تقليدية للمساعدة في تحديد موقع حدوثه.

يمكن استخدام إشارة موجة الجاذبية لقياس المسافة من الأرض إلى زوج النجوم النيوترونية السابق.

ضوء تعرَّض لانزياح نحو الأحمر

بعد ذلك، يمكن استخدام أساليب فلكية معيارية؛ لقياس السرعة التي تبتعد بها هذه المجرة والمجرات من حولها عن الأرض.

الكون الآخذ في التمدد

يمكن الجمع بين البيانات الخاصة بالسرعة والمسافة - المأخوذة في الوضع المثالي من عدد كبير من أحداث الاندماج هذه - لحساب ثابت "هابل"، الذي يربط بين المسافة والسرعة (المجرات الموجودة على مسافة مضاعفة تبتعد بسرعة مضاعفة).

NIK SPENCER/NATURE

من أقصى أطراف الكون. وبمساعدة التليسكوبات التقليدية، فهو لا يستطيع فقط قياس معدل التمدد الكوني الحالي، وإنما سيقيس كذلك الكيفية التي تَطَوَّر بها هذا المعدل على مر العصور. وبهذا، يستطيع المرصد المساعدة في حل أكبر ألغاز عِلْم الكون، وهو طبيعة المادة المظلمة؛ ذلك المكوِّن الكوني غير المعروف بعد، الذي يدفع بتسارع التمدد الكوني.

وفي الوقت الذي ترصد فيه أجهزة قياس التداخل الأرضية الأحداث الوجيزة التي تفصل بينها فترات بعيدة، من المتوقع أن يلتقط مرصد «ليزا» مجموعة متنافرة من الإشارات بمجرد تشغيله، بما في ذلك جوقة متصلة من الأقزام البيضاء الثنائية المتقاربة – وهي بقايا النجوم التي تماثل الشمس حجمًا، والمنتشرة في كل الأرجاء - داخل مجرّتنا. تقول مونيكا كولبي، وهي عالمة في مجال الفيزياء الفلكية بجامعة ميلانو بيكوكا في إيطاليا، وعضو بإحدى اللجان التي تحدد الأهداف العلمية للمهمة: "يبدو الأمر كما لو كنا نعيش داخل غابة صاخبة، وتَعَيَّن علينا عزل أصوات الطيور المنفردة".

ويُفترض أن يرصد «ليزا» من حين إلى آخر أحداث اندماج ثقوب سوداء، كتلك التي يلتقطها مرصد «ليجو»، لكن على نطاق أوسع كثيرًا. يُعتقَد أن أغلب المجرات تقريبًا تُؤوي في مركزها ثقبًا أسود فائق الكتلة، يزن ملايين - بل وربما مليارات - الكتل الشمسية. وعلى نطاق المليارات من الأعوام، قد تندمج المجرات عدة مرات. وفي النهاية قد تندمج الثقوب السوداء المركزية الخاصة بها أيضًا. إنّ وقوع هذه الأحداث لا يشيع في حالة المجرات المنفردة، لكن نظرًا إلى وجود تريليونات المجرات في الكون المرصود، فمِن المفترض حدوث عملية اندماج قابلة للرصد في مكان ما بضع مرات على الأقل كل عام. كما يتبع العلماء سبيلًا منفصلًا لرصد موجات الجاذبية المنبعثة من أزواج من هذه الوحوش العملاقة في مراحل مبكرة من مداراتها. وباستخدام التليسكوبات الراديوية، يراقب العلماء نجومًا نابضة داخل مجرّة درب التبانة، ويبحثون عن تفاوت ضئيل في إشاراتها، يسبِّبه مرور موجات الجاذبية عبر المجرة. واليوم، توجد ثلاث "مصفوفات لتحديد توقيت النجوم النابضة" في أستراليا، وأوروبا، وأمريكا الشمالية، ويجري تشييد مصفوفة رابعة في الصين.

وبفضل الحساسية المخطَّط أن يتمتع بها مرصد «ليزا»، والإشارات القوية التي تنتجها الثقوب السوداء الدوارة فائقة الكتلة، من المفترض أن يكون المرصد قادرًا على التقاط موجات الجاذبية الآتية من أزواج الثقوب السوداء فائقة الكتلة قبل أشهر من اندماجها، وكذلك رؤية حدث الاندماج بالوضوح الكافي لاختبار النسبية العامة بدقة عالية. وبعد سنوات من العمل، سيكون بإمكان مرصد «ليزا» جمْع ما يكفي من الأحداث البعيدة؛ ليعيد الباحثون بناء التكوين الهرمي للمجرّات عبر تاريخ الكون، أي معرفة كيف اتحدت المجرات الصغيرة؛ لتكوين مجرات أكبر وأكبر.

وعلى أرض الواقع أيضًا، يبدأ الفيزيائيون تجربة بعض "المغامرات الجديدة الكبيرة"، حسب وصف فايس. ويضع فريق أمريكي تصورًا لمستكشف كونيّ (Cosmic Explorer)، له أذرع كشْف بطول 40 كيلومترًا – أي أطول من تلك الخاصة بمرصد «ليجو» بعشر مرات - من شأنها أن تتسم بحساسية تتيح لها التقاط الإشارات الآتية من أحداث أبعد كثيرًا، ربما على الجانب الآخر من الكون المرصود كله.

يقضي مفهوم تليسكوب أينشتاين الأوروبي بوجود كاشف له أذرع بطول 10 كيلومترات، مُرَتَّبة على صورة مثلث متساوي الأضلاع، وموضوعة في أنفاق على عمق 100 متر، أو نحو ذلك تحت الأرض. بإمكان الظروف الهادئة هناك أن تساعد على توسيع نطاق مجال المرصد، وصولًا إلى ترددات مقدارها عُشر تلك القابلة للرصد في المراصد الحالية. وربما يمكِّن هذا العلماء من العثور على ثقوب سوداء فيما وراء النطاق الذي يُعتقَد أنها لا توجد فيه بفعل المستعرات العظمى مزدوجة عدم الاستقرار، فعند الكتل العالية بما يكفي يُفترض أن تكون للنجوم آلية انهيار مختلفة، وأن تكون قادرة على تكوين ثقوب سوداء، تُعادِل كتلتها 100 كتلة شمسية، أو أكثر.

وإذا حالف الحظ العلماء، قد تتيح لهم موجات الجاذبية أيضًا الاطلاع على العمليات الفيزيائية الخاصة بالانفجار العظيم ذاته، في حقب زمنية لا يمكن رصدها بأي وسيلة أخرى. ففي اللحظات الأولى من عمر الكون، كانت اثنتان من القوى الأساسية - القوة الكهرومغناطيسية، والقوة النووية الضعيفة - لا يمكن التمييز بينهما. وحين انفصلت إحدى هاتين القوتين عن الأخرى، ربما أنتجا موجات جاذبية، من الممكن أن تظهر اليوم على صورة "هسهسة عشوائية" قابلة للرصد من قِبَل مرصد «ليزا»، كما يقول شوتز. وتختلف هذه الإشارة المُفترضة عن أي إشارة ذات طول موجي أطول كثيرًا آتية حتى من حقبة سابقة، وقد تظهر في أقدم إشعاع مرئي بالكون؛ وهو إشعاع الخلفية الميكروي الكوني. وفي عام 2014، أفاد فريق بحثي[6] بأنه قد رصد هذا التأثير باستخدام التليسكوب BICEP2 في القطب الجنوبي، غير أن الباحثين أقَرُّوا لاحقًا بوجود مشكلات متعلقة بهذا التفسير[7].

ومع إعادة فتح مرصدي «ليجو» و«فيرجو» في وقت لاحق من هذا العام، سيكون الاكتشاف الكبير التالي على قائمة أمنيات فايس هو الإشارة الآتية من أحد النجوم المنهارة؛ وهو شيء قد يستطيع علماء الفلك أيضًا أن يرصدوه كنوع من المستعرات العظمى، لكنْ تحدو فايس آمال عظمى نحو ما يمكن أن يكون في الأفق غير ذلك. ويقول: "إذا لم نرَ شيئًا لم يخطر لنا على بال، فسأشعر بالإحباط". ■

دافيديه كاستيلفيكي مراسل أول، يعمل لصالح دورية *Nature* في لندن.

1. Farr, W. M. *et al. Nature* **548**, 426–429 (2017).
2. Smartt, S. J. *et al. Nature* **551**, 75–79 (2017).
3. Goldstein, A. *et al. Astrophys. J. Lett.* **848**, L14 (2017).
4. Schutz, B. F. *Nature* **323**, 310–311 (1986).
5. The LIGO Scientific Collaboration and The Virgo Collaboration *et al. Nature* **551**, 85–88 (2017).
6. Ade, P. A. R. *et al. Phys. Rev. Lett.* **112**, 241101 (2014).
7. Ade, P. A. R. *et al. Phys. Rev. Lett.* **114**, 101301 (2015).

كيف ننقذ أعالي البحار؟



لا تخضع مساحات شاسعة من جنوب المحيط الهادئ - التي تظهر في الصورة - لحماية القانون.

JAMES D. MORGAN/GETTY

بينما تتأهب منظمة الأمم المتحدة لمعاهدة تاريخية لحماية المحيطات، يسلط العلماء الضوء على ما هو مطلوب لتحقيق نجاحها.

في أوائل القرن الخامس عشر، وصل بحّارة برتغاليون إلى منطقة هادئة من المحيط الأطلنطي، تغطيها طبقات من عشب بحري ذي لون بني مائل إلى الذهبي. وفي أجواء سكنت فيها الرياح، سارت مراكب البحّارة في هدوء مع حركة التيارات البحرية. وأطلقوا على ذلك العشب البحري اسم السرجس *Sargassum*، لتشابهه مع نبات برتغالي يحمل اسمًا مشابهًا، ثم عُرِفت المنطقة بأسرها في النهاية باسم بحر سارجاسو.

وهذه المنطقة من المحيط الأطلنطي - التي ساد اعتقاد في بادئ الأمر أنها قاحلة كالصحراء - تُعرَف الآن بأنها أشبه بغابة مطيرة في الماء، حيث تُعَد أحد أكثر الأنظمة البيئية البحرية ندرة وقيمة على سطح الكرة الأرضية، وهي غنية للغاية بالمغذيات، لدرجة أن الأنقليس (ثعبان البحر) يسافر آلاف الكيلومترات من الأنهار في أوروبا والأمريكتين من أجل التكاثر هناك.

لكن بحر سارجاسو هو أيضًا أحد أكثر مناطق المحيط المفتوح تلوُّثًا، وأكثرها تضررًا، إذ تحتجز دوامة التيارات البحرية - التي تحدّ هذا البحر الخالي من الشواطئ - كميات هائلة من النفايات البلاستيكية، وتراجع الثروة السمكية في هذه المنطقة، التي أصبحت الآن طريق شحن بحري مزدحمًا.

يرغب العلماء في المحافظة على النظام البيئي لبحر سارجاسو، ووَقَّعت عشر حكومات على اتفاق غير مُلزِم لحمايته، لكن جهود هذه الحكومات تتسم بالمحدودية، نظرًا إلى وجود ثغرة كبيرة في السياسة الدولية؛ فبحر سارجاسو - شأنه شأن نصف كوكب الأرض - لا يخضع لسلطة أيّ دولة واحدة بمفردها. وبمقدور الدول حماية أو استغلال مياه هذا البحر لمسافة لا تتجاوز 200 ميل بحري (370 كيلومترًا) من سواحلها، لكن كل شيء خارج هذه "المناطق الاقتصادية الحصرية" يُعَد مياهًا دولية، أو ما يُعرَف بأعالي البحار.

تُشكِّل أعالي البحار ثلثي مساحة المحيطات على الأرض، وتوفِّر 90% من موئلها المتاح للكائنات الحية، كما يعود إليها الفضل في مبلغ يصل إلى 16 مليار دولار أمريكي سنويًّا من حصيلة مصائد الأسماك. تمثّل المحيطات أيضًا مكانًا أساسيًّا لاكتشاف الرواسب المعدنية عالية القيمة، والمواد الدوائية الفعّالة، واحتياطيات النفط والغاز. وتنظم اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار الأنشطة التي تُمارَس في المياه الدولية، بما في ذلك التعدين في قاع البحار، ومدّ الكابلات، كما تُشرِف مجموعة مكوّنة من 20 منظمة - أو نحو ذلك - على جوانب الشحن الدولي، وصيد الحيتان، بالإضافة إلى صيد الأسماك، والمحافظة على البيئة على المستوى الإقليمي، لكن لا توجد معاهدة شاملة حتى الآن لحماية التنوع البيولوجي، أو المحافظة على النظم البيئية المُهدَّدة في المحيطات.

وثمة حالة من الزخم تتولد في الوقت الراهن لحماية أعالي البحار. ففي سبتمبر القادم في مدينة نيويورك سيتي، سوف تبدأ مفاوضات حول معاهدة للأمم المتحدة - من المرجح أن تُلحَق باتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار - بُغية الاتفاق على كيفية حماية هذا المورد المشترك الشاسع، عن طريق تخصيص مناطق للمحافظة على البيئة، ووضع قوانين لأنشطة معينة مثل التعدين في أعماق البحار. ويمكن للمعاهدة أيضًا إيجاد سبل لمساعدة جميع الدول على الاستفادة من الأبحاث التي تُجرَى على أنواع الكائنات التي تعيش في أعماق البحار - بما في ذلك الأبحاث التي تتناول ما إذا كانت جينات وبروتينات الكائنات البحرية يمكن أن تشكِّل أساسًا لأدوية أو مواد جديدة، أم لا – سواء أكانت هذه الاستفادة من الناحية المالية، أم من خلال نقل التكنولوجيا. وتم الترويج لهذه المحادثات على أنها ستكون اتفاق باريس للمناخ القادم ولكن فيما يخص المحيطات؛ فهي فرصة بالغة الأهمية للحفاظ على هذه المنطقة، التي تُعَد الأقل استكشافًا على سطح كوكبنا. ويقول في هذا الصدد لانس مورجان، رئيس معهد المحافظة على البيئة البحرية - غير الهادف إلى الربح - في سياتل بواشنطن، الذي يركز على حماية المحيطات: "لدينا فرصة لا تحدث إلا مرة واحدة في العمر، لإبرام معاهدة ستتيح للبلدان إدارة أنشطتها في أعالي البحار".

وَضَعَت بالفعل منظمةُ الأمم المتحدة، ومنظمات مصائد الأسماك الإقليمية، والهيئات غير الربحية قائمة قصيرة بالعديد من المناطق البحرية الدولية الجديرة بالحماية، مثل بحر سارجاسو، لكنّ الباحثين غير متيقنين مما إذا كان الساسة سيبالون بالمشورة العلمية في اختيار المناطق التي تجب حمايتها، وفي إصدار الأحكام عن الآثار البيئية، أم لا. واستباقًا للمفاوضات، تُقدِّم دورية *Nature* هذا الدليل التوجيهي لحماية أعالي البحار، إلى جانب عرض المناقشات العلمية الدائرة حول هذا الموضوع.

الملاذات الآمِنة في المحيطات

لا تعوزنا الأفكار بشأن المناطق المحمية البحرية في أعالي البحار. فقد أدرجت منظمات الأمم المتحدة عشرات النظم البيئية المعرضة للخطر، وكذلك فعلت الهيئات الإقليمية لمصائد الأسماك، والمنظمات غير الحكومية. وتسلط هذه الخريطة الضوء على عشرة مواقع توضح تنوّع النظم البيئية في أعالي البحار، ومجموعة التهديدات التي تواجهها. والبيانات الموضحة في هذه الخريطة واردة من معهد المحافظة على البيئة البحرية، الذي يقدّم نسخة تفاعلية منها على الرابط: go.nature.com/2hlkked

1-المناطق الميتة: يمكن أن تسبِّب الملوثات الناتجة عن الصرف الزراعي إزهار العوالق في خليج البنغال، وهو جزء ضحل دافئ من المحيط الهندي. وتمتص هذه الأزهارُ الأكسجين مُخلِّفةً وراءها مناطق ميتة، تبلغ مساحتها الإجمالية 60 ألف كيلومتر مربع على الأقل. كذلك يمكن أن يؤدي الجريان السطحي الزائد، أو التغير في الرياح الموسمية إلى استنفاد الأكسجين على نطاق واسع، ما من شأنه إحداث تغيير جذري في نظام بيئي يوفر وظائف وأمنًا غذائيًّا لأكثر من 100 مليون شخص.

2-المنطقة المحمية البحرية الجديدة الأولى: تمثِّل منطقة شرق القارة القطبية الجنوبية - وهي جزء بِكر نسبيًّا من المحيط الجنوبي، الذي يُعَد موطنًا للبطريق والمرجان - خيارًا واضحًا لإقامة منطقة محمية بحرية في أعالي البحار، لكن الصين وروسيا لديهما مصالح تتعلق بصيد الكريل في هذه المنطقة. وفي عام 2017، رفضت لجنة حفظ الموارد البحرية الحية في أنتاركتيكا للسنة السادسة على التوالي اعتبار المنطقة منطقة محمية بحرية.

3- أزمة المرجان: في المناطق الواقعة ما بين جُزُر هاواي، وجُزُر ألوتيان، توفِّر سلسلة من البراكين الواقعة في أعماق البحر مياهًا غنية بالمغذيات لطيور القطرس، والحيتان، وأسماك التونة المهاجِرة. وقد تَعَرَّض المرجان والأسماك لضرر بالغ، من جرّاء الصيد باستخدام الشِّبَاك الجرّافة، وتكافح هذه الكائنات في الوقت الحالي من أجل التعافي.

4- «مقهى» أسماك القرش: تبحث المئات من أسماك القرش الأبيض الكبير (*Carcharodon carcharias*) عن الطعام، وتتكاثر في هذا المكان، وهو منطقة مهددة بالخطر، من جرّاء صيد الأسماك، والشحن البحري. ويتميز هذا النوع من أسماك القرش بأنه مجموعة مميزة من الناحية الوراثية، كما أنه مصدر قلق أكبر حتى من غيره من أسماك القرش الأبيض الكبيرة الأخرى؛ إذ لا يتجاوز عدد أفراده الإجمالي 3,500 في البرية.

كيفية إنشاء طوق حماية حول المحيطات

من بين الجوانب الرئيسة التي سترتكز عليها المعاهدة الاتفاق على عملية لإنشاء مناطق محمية بحرية، وهي مناطق تحظر فيها ممارسة بعض أنواع النشاط التجاري، على أقل تقدير. ويمكن لهذه المناطق - في حال إنشائها كما ينبغي - أن تعزز التنوع البيولوجي في المناطق التي تعرضت للتدمير في أوقات سابقة. وصحيح أنها لا تستطيع منع المواد البلاستيكية من دخول المحيط، أو إيقاف زيادة سخونة أو حمضية المياه، لكن بإمكانها زيادة حجم المجموعات البحرية وتنوعها؛ ما يمنحها قدرة أكبر على الصمود في وجه هذه العوامل المُجهِدة.

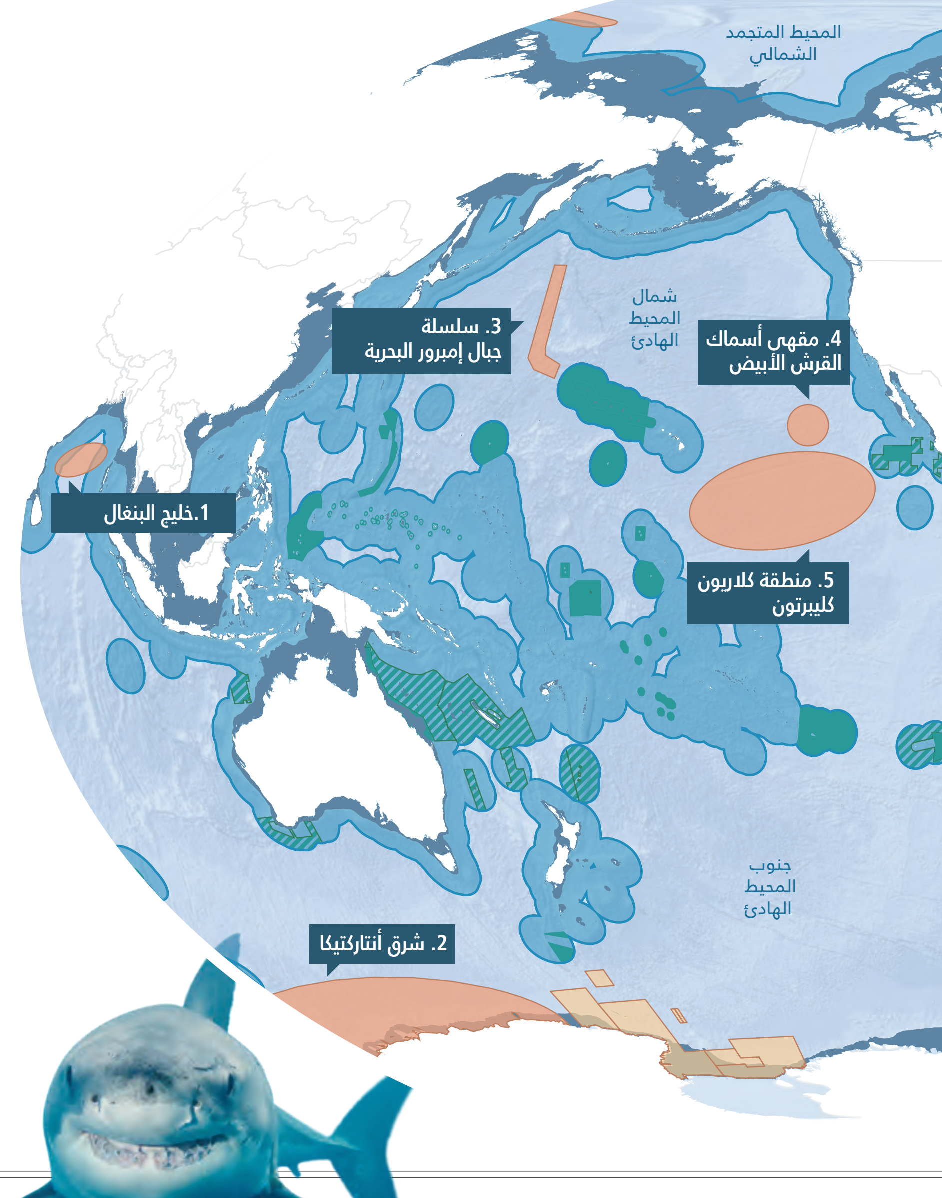
يقول العلماء إنه ينبغي تطويق مساحة لا تقل عن 30% من المحيط العالمي، موزعةً بالتساوي بين النظم البيئية للمحيطات، لتجنب الانقراض الجماعي للكائنات الحية البحرية. وعلى الورق، يُفترض أن حوالي 7% من المحيط العالمي يخضع للحماية حاليًّا؛ فعلى مدار السنوات الثلاث الماضية، أُنشئت في المياه الساحلية 13 منطقة من أكبر المناطق المحمية البحرية في العالم، تزيد مساحة كل محمية منها عن 100 ألف كيلومتر مربع. وكان الدافع الرئيس وراء هذه الخطوة هو هدف وضعته منظمة الأمم المتحدة، يرمي إلى حماية 10% من المحيط بحلول عام 2020، أما على أرض الواقع، فغالبًا ما تكون هذه الحماية دون المستوى. فلِكَي تكون المناطق المحمية البحرية فعّالة، ينبغي أن تتوفر فيها سمات رئيسة؛ هي: لا بد أن تكون مناطق "محظورة"، أو مستثناة تمامًا من النشاط التجاري، وأن تبلغ مساحتها 100 كيلومتر مربع على الأقل؛ وأن تكون مناطق دائمة ومعزولة بشكل مادي عن البيئة غير المحمية المحيطة بها بالمياه العميقة أو الرمال؛ وأن تتوفر لها إجراءات حماية جيدة التنفيذ. وقد أظهر تحليل أُجري على 87 منطقة محمية بحرية أن المناطق التي لا تتوفر بها سوى سمة واحدة أو اثنتين من هذه السمات لا يمكن تمييزها من الناحية البيئية عن مواقع الصيد[1].

تجيز مناطق محمية بحرية ساحلية عديدة باستكشاف النفط والغاز، وحركة الشحن، والصيد. ويُذكَر أن 2% فقط من المحيط مساحة محظورة، ومعظم هذه المناطق المحمية تقع في المياه الاستوائية العميقة ذات الأهمية الضئيلة لقطاع الصناعة، ومن ثم لا تسهم بالكثير في الحد من الاستغلال الشامل للمحيطات. أما فيما يخص أعالي البحار، فإن المساحة المحظور فيها الاستغلال التجاري تبلغ 0.5% فقط. (تمثِّل أكبر منطقة محمية بحرية على مستوى العالم - التي تقع في بحر روس قبالة القارة القطبية الجنوبية، وأنشأها مجلس إقليمي يضم 25 دولة - الجزء الأكبر من هذه المساحة). وتقول إليزابيث دي سانتو، وهي أخصائية في الإدارة البيئية بكلية فرانكلين ومارشال في لانكستر بولاية بنسلفانيا: "وكما هو الحال عادةً في المناطق الأقرب إلى الشاطئ، ثمة خطر كبير يتمثَّل في أن المناطق المحمية البحرية في أعالي البحار ستقع في مناطق ذات أهمية تجارية منخفضة". ولم يُبتّ بعد في كيفية الاستفادة من المشورة العلمية بشأن المناطق المحمية البحرية في معاهدة الأمم المتحدة.

الرقابة والتنفيذ

بمجرد أن يتم الاتفاق على المناطق المحمية من المحيطات، من الأهمية بمكان جمع بيانات أساسية في هذا الشأن. وقد قدّم مشروع نُفِّذ في الفترة ما بين عامي 2000، و2010 - تحت اسم "تعداد الحياة البحرية" - كثيرًا من المعلومات التي يعرفها الباحثون عن الحياة في أعالي البحار، لكن المحيطات أصبحت أكثر دفئًا وحمضية، وزاد الصيد فيها بكثافة أكبر منذ ذلك الحين. وهذه الحاجة إلى بيانات جديدة، يمكن أن تكون حافزًا لبدء مرحلة جديدة من الاستكشافات.

يمكن رصد انتهاكات المناطق المحمية البحرية بفضل تكنولوجيا الأقمار الصناعية. فمثلًا، تتيح «منصة رصد الصيد العالمي» - وهي مبادرة للمراقبة باستخدام الأقمار الصناعية، أطلقتها في عام 2014 المؤسستان غير الربحيّتين «سكاي تروث»، و«أوشيانا»، بالتعاون مع شركة جوجل - لأي شخص يمتلك وسيلة اتصال لاسلكية (واي فاي) تعقُّب الصيادين في الزمن الحقيقي. وتشير هذه البيانات إلى أن الصيد التجاري



5- التعدين في قاع البحار: تنتشر في قاع البحر وأسفله تريليونات من العُقَيدات، وهي رواسب شبيهة بالصخور، في حجم ثمرة البطاطس، وتتسم بأنها غنية بالعديد من المعادن الثمينة. لكن تضمّ المنطقة أيضًا أنواعًا نادرة من الكائنات البحرية، منها أحد أنواع الأخطبوط الشبح، الذي اكتُشِف في عام 2016. وقد أصدرت السلطة الدولية لقاع البحار 16 عَقْدًا لاستكشاف المنطقة؛ بحثًا عن المعادن. ويقول العلماء إنه ينبغي أن يُحظَر التعدين في مساحة لا تقل عن ثُلث هذه المنطقة، مع وضع ضوابط في الأماكن التي يُسمَح فيها بالتعدين.

6- القبة الديناميكية: تدفع الرياح القوية التيارات البحرية التي تُجبِر المياه الباردة الغنية بالمغذيات على التدفق من الأعماق إلى ما تحت السطح مباشرة. وتأتي إلى هذه المنطقة أنواع خلابة من كائنات المحيطات، منها أسماك الماهي ماهي، والخرمان، والقرش، والحبّار، والحيتانيّات، والسلاحف البحرية المهددة بالانقراض. غير أن هذه "القبة الحرارية" تُغيِّر وضعها، ولا تَنشأ إلا موسميًّا في أعالي البحار، ولذا، تصعب حمايتها.

7- «الغابة المطيرة» البحرية: تُعَد منطقة سارجاسو إحدى 37 منطقة تُعرَف باسم "المناطق البحرية المهمة بيئيًّا أو أحيائيًّا" في أعالي البحار. وتُبيِّن هذه التسمية - التي وضعتها منظمة الأمم المتحدة - مدى أهمية هذه المناطق لعمل المحيطات بصورة سليمة، لكنها لا توفِّر الحماية لها.

8- الحقل المائي الحراري: يمكن لنظام "المدينة المفقودة"، الذي اكتُشِف في عام 2000 أن يقدم أدلة على بشائر الحياة على الأرض. ويمتد هذا النظام البيئي الحمضي الساخن، الذي يقع على عمق 800 متر، لما يقرب من 400 متر على طول قمة جبل تحت الماء، يُعرَف باسم "نَجد أطلانتس". وقد اقترحت منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو) إنشاء منطقة عازلة بمساحة 20 كيلومترًا.

9- المحمية غير الفعّالة: أُنشِئ هذا الملاذ - الذي يُعَد أول منطقة محمية بحرية في أعالي البحار على الإطلاق - في عام 1999 لحماية العديد من أنواع الحيتانيّات، التي تزور مياه هذه المنطقة، لكنّ هذا الملاذ يفتقر إلى الإدارة، ولم يحقق سوى قدر ضئيل من التأثير. وفي حال توسيع هذه المحمية، وتشغيلها بشكل صحيح، من الممكن أن توفر ملاذًا لأسماك التونة ذات الزعانف الزرقاء، والقروش، وسمك «أبو سيف».

10- النفط والغاز: تضم هذه السلسلة الجبلية - التي يبلغ ارتفاعها 1,800 كيلومتر - براكين نشطة، ومَنافس مائية حرارية، ومخلوقات فريدة من نوعها، مثل الروبيان عديم الأعين (*Rimicaris exoculata*)، يمكن أن تتأثر بحركة الشحن البحري، وعمليات التنقيب عن النفط والغاز، مع ارتفاع درجة حرارة المنطقة. القطبية الشمالية.

DAVE FLEETHAM/GETTY

يغطي أكثر من نصف مساحة المحيط، ويمتد على مساحة تُقدَّر بأربعة أمثال المساحة المزروعة على سطح اليابسة[2]. على أن ملاحقة الانتهاكات التنظيمية مسألة سياسية، وتخضع لإرادة كل دولة على حدة. وقد وجد تحليل لمئات المناطق المحمية البحرية الساحلية أن عدد العاملين والميزانيات هما أقوى عاملَين يتنبآن بما إذا كانت منطقة بحرية محمية بعينها سيكون لها تأثير في المحافظة على البيئة، أم لا[3]. وتوصّل الباحثون إلى أن الآثار البيئية للمناطق المحمية البحرية، التي تضم عددًا كافيًا من الموظفين لرصد النشاط داخل المحمية ومراقبته تفوق بنسبة ثلاث مرات تقريبًا آثار المحميات البحرية التي لا تتوفر لديها هذه القدرة بشكل كافٍ.

التقييمات البيئية

يتعين أن تخضع الأنشطة التجارية الجديدة على اليابسة، وفي المياه الساحلية - على حد سواء - لتقييم الأثر البيئي؛ من أجل تقدير أيّ فوائد في مقابل الضرر الذي مِن المحتمل أن يلحق بالحياة البرية المحلية.

وفي أعالي البحار، لا يخضع لمثل هذا التنظيم سوى بعض الأنشطة، حيث لم تخضع تقنية الصيد بالشِّبَاك الجرافة في قاع البحار - وهي طريقة مدمرة للغاية للصيد - لتقييم الأثر البيئي، إلا بدءًا من عام 2006. وقبل ذلك، دمرت هذه الطريقة المرجان في أعماق البحار. وحتى في الوقت الحاضر، فإن مصائد الأسماك في الأعماق المتوسطة، ومزارع الأسماك في المياه المفتوحة، وعمليات إطلاق الصواريخ (التي تتخلص من نفاياتها في البحر) ليست مرغَمة على وضع الضرر البيئي المحتمل في الاعتبار. ولذا، يرغب العلماء في أن يروا الأنشطة التجارية الجديدة في أعالي البحار تخضع لتنظيمات صارمة.

«تبلغ المساحة المحظور فيها ممارسة الاستغلال التجاري 0,5% فقط من أعالي البحار».

ومن المحتمل أن يؤدي التعدين في أعماق البحار - على وجه الخصوص - إلى إشعال الجدل في محادثات الأمم المتحدة. اعتمدت السلطة الدولية لقاع البحار، التي أُنشئت بموجب اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار، 29 ترخيص استكشاف لشركات معينة، مثل «لوكهيد-مارتن»؛ لإجراء عمليات مسح، التي يكون معظمها على طول الحيود الواقعة في المحيطات، وعند المَنافس الحرارية المائية. وتضع السلطة حاليًّا لوائح تنظيمية لتقييمات الأثر البيئي، التي يتعين على شركات التعدين إجراؤها.

تقول سيندي فان دوفر - عالِمة أحياء أعماق البحار بجامعة ديوك في دورهام بولاية كارولينا الشمالية - إن العلماء يساورهم القلق من كَوْن هذه اللوائح التنظيمية غير صارمة بما فيه الكفاية. وتتمثّل إحدى المسائل التي لم تُحسَم بعد فيما إذا كان بإمكان الشركات ممارسة التعدين في مواقع المَنافس الحرارية المائية النشطة التي تؤوي مجتمعات أحيائية كبيرة ومتنوعة، أم لا. وتقول فان دوفر: "نحن نرى وجوب حماية المَنافس الحرارية المائية النشطة". ولا يعرف العلماء بعد ما إذا كان يمكن لهذه المجتمعات التعافي من آثار التعدين، أم لا. ويقول في هذا الصدد بول سنيلجروف، وهو عالِم أحياء أعماق البحار بجامعة ميموريال في سانت جونز بكندا: "ما علمناه من تأثير طريقة الصيد بالشِّباك الجرافة في قاع البحار هو أن مدة التعافي، وخاصة بالنسبة إلى الموائل المعقدة، مثل المرجان في المياه العميقة، قد تستغرق مئات السنين. أعتقد أنه علينا تقبُّل فكرة أن العِلْم لن يكون العامل الحاسم الوحيد، لكننا نأمل بالتأكيد أن يكون أحد الاعتبارات الرئيسة". ■

أوليف هيفرنان كاتبة علمية تقيم في دبلن.

1. Edgar, G. J. *et al. Nature* **506**, 216–220 (2014).
2. Kroodsma, D. A. *et al. Science* **359**, 904–908 (2018).
3. Gill, D. A. *et al. Nature* **543**, 665–669 (2017).



اسمحوا للجراثيم بالدخول

تُنظَّف عادةً فئران التجارب نظافة فائقة، إلا أن بعض علماء المناعة يعتقدون أن بعض الاتساخ قد يجعلها أكثر نفعًا للعِلْم.

كاساندرا ويليارد

في أحد أيام فبراير الدافئة، على غير العادة، قاد مارك بيرسون سيارته لمدة عشرين دقيقة؛ كي يصل إلى أحد متاجر الحيوانات الأليفة الكبيرة في مدينة مينيابولس. يذهب بيرسون - الباحث في مختبر لعلم المناعة بجامعة مينيسوتا - إلى ذلك المتجر كثيرًا؛ ليشتري بعضًا من الفئران. ولذا، فإن أغلب العاملين في المتجر يعرفونه. وفي ذلك اليوم، طلب بيرسون عشرة فئران، فأخرجهم أحد الموظفين من داخل صندوق زجاجي. طلب بيرسون الفئران الأصغر حجمًا، لأنها تكون عادةً أصغر سنًّا، لكنه لم يكن دقيقًا كثيرًا في اختياره؛ إذ إن الفئران كلها تحمل - على الأرجح - ما يريده؛ ألا وهو "الجراثيم".

توشك هذه الفئران على دخول أحد أكثر مختبرات الولايات المتحدة إحكامًا من حيث الرقابة، وهو منشأة مخصصة في الأساس لدراسة مسبِّبات الأمراض الخطيرة، مثل السل، وفيروس الشيكونجونيا. ولا تحمل هذه القوارض - على الأرجح - عدوى خطيرة للإنسان، لكنها تحتوي بالتأكيد على أمراض تُشكّل تهديدًا خطيرًا لمئات الفئران البحثية الأخرى في المبنى.

ستحصل فئران متجر الحيوانات الأليفة على زملاء جدد؛ فسيشارك كل فأر مجموعة من فئران التجارب السوداء اللامعة حياتها، متقاسمًا معها الطعام والماء والفراش، والأهم من ذلك، مسببات الأمراض. وحتى الآن، كانت تُحفَظ فئران التجارب في بيئة فائقة النظافة، وخالية من معظم الأمراض، ولذا، فإن بعض فئران بيرسون سيمرض ويموت، وستطوِّر البقية أجهزة مناعية أقوى، أشبه بأجهزة الفئران البرية، وربما البشر أيضًا.

إنّ ما يفعله بيرسون يخالف القواعد. فقد عمل العلماء لأكثر من 50 عامًا على جعل فئران التجارب أكثر نظافة. وفي معظم المختبرات حاليًا، تُعقَّم أقفاص الحيوانات، وزجاجات المياه، والمواد الغذائية الخاصة بها. ويقول ديفيد ماسوبست، وهو عالِم مناعة في جامعة مينيسوتا ويرأس المختبر الذي يعمل فيه بيرسون: "إننا نبذل مجهودات هائلة حقًّا؛ لتجنيب الفئران الإصابة بأنواع العدوى الطبيعية". وقد جنت هذه الجهود ثمارها؛ فمن خلال التحكم في الآثار المُرِبكة لمسببات الأمراض، أصبحت تجارب الفئران أقل عرضة للتفاوت.

تشير مجموعة كبيرة من الدراسات حاليًّا إلى أن هذه النظافة لها ثمن؛ فهي تترك أجهزة المناعة لدى القوارض ناقصة النمو. ففي ظل السعي للوصول إلى فئران نموذجية خالية من العيوب، جعل العلماء هذه المخلوقات نموذجًا أقل تشابهًا مع أجهزة المناعة البشرية، التي تتطوّر في عالَم يعجّ بالميكروبات. ويمكن أن تكون لذلك تداعيات خطيرة على الباحثين الذين يعملون على نقل العلاجات واللقاحات من

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



المختبر إلى العيادات. وعلى الرغم من أنه ليس من الممكن حتى الآن تحديد أوجه بعينها لفشل هذا النهج المعتمِد على النظافة الفائقة لنماذج الفئران المعيارية، فإن ماسوبست يعتقد أن البيئة الاصطناعية لا بد أن يكون لها تأثيرًا ما. ولا يخفى على أحد أن معدل النجاح في نقل العلاجات من الحيوان إلى الإنسان في غاية السوء. فوفقًا لأحد التقديرات[1]، لُوحِظ أن 90% من الأدوية التي تدخل التجارب الإكلينيكية تفشل. ويقول ماسوبست: "لا بد أن يصيبك الذهول، إذا ما حصلتَ أحيانًا على معلومات مُضلّلة، لمجرد وجودك في بيئة نظيفة".

لهذا يطوّر ماسوبست وباحثون آخرون نماذج أقل نظافة، تعكس - على نحو أفضل - كيفية تطوّر جهاز المناعة في العالَم الطبيعي. فقد أعطت فِرَق من الباحثين فئرانها أنواعًا من العدوى[2،3]، والبعض الآخر حقنها بميكروبيوم أكثر طبيعية[4،5]. لكنّ إيواء الفئران الأكثر اتساخًا قد يكون محفوفًا بالمخاطر. يقول آرون إريكسون - الباحث في الميكروبيوم بجامعة ميزوري في مدينة كولومبيا - إن فئران متاجر الحيوانات الأليفة تحمل الكثير من أنواع العدوى، وكأنها جاءت من "دار أيتام بإحدى روايات تشارلز ديكنز". ويهتم القائمون على رعاية حيوانات التجارب بالأمن البيولوجي اهتمامًا جديًّا، وتُعَد الفئران أحد الموارد القيّمة في الأبحاث. ويضيف إريكسون قائلًا: "بالتأكيد، لا أحد يرغب في أن يتفشى مرض ما".

تلويث مُتعمَّد

بدأت مشكلة النظافة تشغل بال ماسوبست منذ أكثر من عقد من الزمان. فقد أذهله مدى الاختلاف بين تكوين جهاز المناعة لدى فئران التجارب، ومثيله لدى البشر. في ذلك الوقت، كان الكثير من الباحثين يعزون هذه الاختلافات إلى أسباب وراثية، إلا أن ماسوبست اشتبه في أن يرجع أحد أسباب اختلاف فئران التجارب إلى المكان الذي تعيش فيه. وتساءل: "هل تكمن المشكلة في الفئران عمومًا؟ أم أنها - في حقيقة الأمر - مشكلة تخص فئران التجارب فقط؟"

وللإجابة على هذا السؤال، بدأ ماسوبست في مقارنة أجهزة المناعة لدى فئران التجارب، ومثيلاتها لدى فئران كان قد اصطادها من الحظائر، أو اشتراها من متاجر الحيوانات الأليفة؛ فوجد أن فئران التجارب كان لديها عدد أقل بكثير من الخلايا الذاكرة التائية المضادة للسرطان والعدوى في دمها، وهي خلايا مناعية كانت قد تعرضت من قبل لمسببات أمراض. وكانت هذه الفئران تفتقر أيضًا - على نحو شبه كامل - للخلايا التائية في الأنسجة الأخرى في الجسم. أما البشر، والفئران البرية، وفئران متاجر الحيوانات الأليفة، فتفيض أجسامها بالخلايا الذاكرة التائية الموجودة في الأنسجة. وبوجه عام، بدت أجهزة المناعة لدى فئران التجارب أقل خبرة، شأنها شأن جهاز مناعة طفل رضيع، بالمقارنة بنظيره لدى شخص بالغ.

اشتبه ماسوبست في أن يكون للعدوى السابقة دور مهم في هذه المسألة. وإذا كان ظنه في محله، فربما يكون قادرًا على إحداث تغييرات في الأجهزة المناعية لفئران التجارب، من خلال تعريضها لمسببات للعدوى. فإذا كانت مشكلة فئران التجارب هي النظافة الفائقة، فهل يمكن أن يجعلها أكثر اتساخًا؟

ابتكر ماسوبست تجربة تبدو بسيطة، فيها يضع فأرًا من فئران متاجر الحيوانات الأليفة داخل قفص مع العديد من فئران التجارب، فتلتقط فئران التجارب ما يحمله فأر المتجر - أيًّا كان، بدءًا من عثّ الفراء، والديدان الدبوسية، وصولًا إلى التهاب الكبد الوبائي الذي يصيب الفئران - لعلها تصبح شبيهة بفأر المتجر من الناحية المناعية. وهذا النهج المتمثّل في التسكين المشترك للفئران يسمح للباحثين بأن "يأخذوا السلالات المستولدة داخليًّا، والمحددة جيدًا من الفئران التي تخضع لعناية فائقة، ويجعلوها تتعرض لظروف أقرب إلى الظروف المناعية الطبيعية التي يمر بها الإنسان"، حسبما يقول ستيفن جيمسون، عالِم المناعة في جامعة مينيسوتا، الذي يتعاون مع ماسوبست.

ولكن كانت هناك عقبة رئيسة واحدة؛ ألا وهي أنه لم يكن لدى الباحثين مكان ليحتفظوا فيه بالقوارض الحاملة للجراثيم. يقول ماسوبست: "بالطبع، لما تكن لدي رغبة في تلويث مستعمرات الفئران الخاصة بزملائي". ويضيف قائلًا إنه عندما ناقش التجربة لأول مرة مع الموظفين المسؤولين عن الموارد الحيوانية، "تسببت في خفقان قلوبهم بلا شك"، لكنْ من حسن الحظ أن الجامعة كانت تعتزم آنذاك بناء مختبر مُحكَم الاحتواء في المبنى الذي يعمل فيه ماسوبست. وصُمِّم هذا المختبر لإجراء أبحاث في المستوى الثالث من السلامة البيولوجية، ما عَنِيَ أنه كان سيحتوي - على نحو آمِن - على مسببات أمراض قد تصيب البشر، لكنه كان سيحول أيضًا دون انتقال مسببات الأمراض الموجودة لدى الفئران إلى فئران أخرى. وفي عام 2013، تمكّن ماسوبست وزملاؤه من الحصول على غرفة في ذلك المختبر. ويعلّق على ذلك قائلًا: "كنت محظوظًا، وكان المكان غير مستغَل، وكان القائمون عليه بحاجة إلى إيرادات، ما جعلهم متقبّلين الفكرة". واليوم، تضم هذه الغرفة 500 فأر في أقفاص بلاستيكية، يحتوي كلٌّ منها على مجموعة قليلة من فئران التجارب النظيفة، وفأر واحد في حالة رثة، قادِم من متجر الحيوانات الأليفة.

بعد شهر من العيش بجوار فأر متجر الحيوانات الأليفة، اكتسبت فئران التجارب حديثة التلوث الكثير من الخصائص المناعية الموجودة لدى الفئران البرية، أو فئران متاجر الحيوانات الأليفة[2]، فصارت الخلايا الذاكرة التائية أكثر تمايزًا لديها، مقارنةً بفئران التجارب العادية، كما نشأت لديها خلايا ذاكرة تائية داخل الأنسجة. وبدت فئران التجارب القياسية مشابِهة من الناحية المناعية للأطفال حديثي الولادة من حيث جيناتها النشطة نوعًا ما، لكن أنماط النشاط الجيني لفئران متجر الحيوانات الأليفة ورفاقها في التسكين من فئران التجارب كانت أقرب إلى أنماط النشاط الجيني لدى البشر البالغين. كذلك أظهرت الفئران غير النظيفة مقاومةً أكبر بكثير من الفئران النظيفة، عندما عرّضها الباحثون لعدوى بكتيريا الليستيريا المستوحدة *Listeria monocytogenes*؛ فبعد ثلاثة أيام من التعرّض للعدوى، انخفض عدد البكتيريا التي حملتها هذه الفئران بمقدار يزيد على أربع مراتب أُسية، ما يُعَد استجابة مماثلة لاستجابة فئران التجارب التي سبق تطعيمها ضد هذه البكتيريا.

بعد وقت قصير من بدء ماسوبست العمل في مختبر المستوى الثالث من السلامة البيولوجية، باشر هربرت فيرجن، وهو عالِم مناعة في جامعة واشنطن في سانت لويس بولاية ميزوري، وزملاؤه العملَ بشكل مستقل على مشروع مماثل لفهم أجهزة المناعة لدى فئران التجارب، لكنْ بدلًا من استخدام فئران متاجر الحيوانات الأليفة لنقل العدوى، قرر فيرجن وزملاؤه نقل العدوى بأنفسهم، وهو أسلوب وفَّر تحكمًا أكبر من أسلوب التسكين المختلط للفئران. وتقول تيفاني ريس، التي كانت باحثة في مختبر فيرجن في ذلك الوقت، وتعمل الآن أخصائية مناعة فيروسية بالمركز الطبي الجنوبي الغربي، التابع لجامعة تكساس في دالاس: "لكوني تلقيتُ تدريبًا أيضًا لأكون أخصائية فيروسات، فإنني أهتم بمعرفة ماهية مسبب المرض".

اختار فيرجن وزملاؤه أربعة مسببات للأمراض: نوعان من الفيروسات الهربسية، وفيروس إنفلونزا، ودودة معوية تُسمَّى الدودة الطفيلية التي تصيب الأمعاء الدقيقة للفئران بشكل مزمن. وكانت جميع مسببات الأمراض مماثِلة لتلك التي تصيب غالبًا الأطفال في الدول النامية. وأعطى الباحثون الفئران كل عدوى على حدة، وكانوا يتركون فرصة لكل فأر ليتعافى، قبل أن يصيبوه بعدوى جديدة، فيما يشبه كثيرًا الطريقة التي يُصاب بها الإنسان بالعدوى، ثم يتعافى، ثم يُصاب بعدوى جديدة. وتلقت مجموعة أخرى من الفئران تطعيمات وهمية بمحلول ملحي. وكان التحدي المناعي الأخير هو التطعيم ضد الحمى الصفراء، الذي يَستخدِم شكلًا حيًّا - لكنه ضعيف - من الفيروس.

وكما حدث مع فريق ماسوبست، لاحظ هؤلاء الباحثون أيضًا تغييرات مهمة في الفئران التي تمت إصابتها بالعدوى بشكل متوالٍ[3]، فاختلفت الفئران في أنماط التعبير الجيني واستجابتها للتطعيم. في البداية، كان لدى المجموعتين الاستجابات نفسها للأجسام المضادة، لكنْ بعد شهر واحد، كان لدى الفئران المصابة بالعدوى المترافقة مستويات أقل من الأجسام المضادة. ومن غير الواضح ما إذا كان هذا الاختلاف قد أثَّر على مدى نجاح اللقاح، أم لا. يقول فيرجن: "أعتقِد أن الأمر لم يُحسَم بعد حول ما إذا كانت لهذا الإجراء منفعة محددة". ومع ذلك، فإنه يأمل أن تؤدي فئران التجارب الأكثر تلوثًا إلى فهم يغلب عليه المزيد من الطابع الآلي عن جهاز المناعة.



«هل تكمن المشكلة في الفئران عمومًا؟ أم أنها - في حقيقة الأمر - مشكلة تخصّ فئران التجارب فقط؟»

نداء البرية

تجنب باحثون آخرون متاجر الحيوانات الأليفة في بحثهم عن فئران ملوثة، فقد قاد ستيفان روسارت - وهو عالِم مناعة في المعهد الوطني الأمريكي للسكري وأمراض الجهاز الهضمي والكلى في بيثيسدا بولاية ميريلاند - سيارته لمئات الكيلومترات؛ لزيارة حظائر الخيول في جميع أنحاء الولاية ومقاطعة كولومبيا؛ لجمع الفئران البرية.

كان روسارت قد انضم إلى مختبر عالِمة المناعة باربرا ريهرمان في المعهد الوطني الأمريكي للسكري وأمراض الجهاز الهضمي والكلى في عام 2013، وبدأ الاثنان في دراسة كافة المؤلَّفات التي تتناول الميكروبيوم، وهو مجموعة الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش على كائن حي أكبر حجمًا، وداخله. أظهرت الدراسات أن الميكروبيوم

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

له تأثير كبير على الجهاز المناعي، إلا أن معظم الأوراق البحثية التي توصلا إليها كان مبنيًّا على مقارنة نوعين من فئران التجارب: بعضها يحمل ميكروبيومًا مُكتسَبًا من المختبر، والبعض الآخر لا يحمل أي ميكروبيوم على الإطلاق. ويتساءل روسارت عما يمكن أن يحدث، إذا أعطى فأر مختبر ميكروبيوم بريًّا؟ إنّ ذلك سيحافظ على الخصائص الجينية الأصلية للفأر، لكنه سيجعل وظائف أعضائه أكثر تشابهًا مع الفئران البرية.

كانت لروسارت شروط محددة، يجب توفرها في الفأر البري المتبرع بالميكروبيوم؛ وهي: أن يكون بالغًا، ويشبه جينيًّا فأر التجارب، وخاليًا من مسببات الأمراض؛ كي لا يعرِّض الفئران الأخرى في معاهد الصحة الوطنية الأمريكية لخطر العدوى. وتقول ريهرمان: "حاولت إقناع روسارت بأن هذه الفكرة البحثية سيئة للغاية، لأنها صعبة التنفيذ جدًّا"، إلا أنه لم يمكن إثناءه عن الفكرة. وعليه، كان روسارت يقود سيارته كل صباح بين 3 و10 حظائر، ويفرغ أكثر من 100 مصيدة فئران، ثم يعود إلى معاهد الصحة الوطنية حاملًا الفئران البرية. بعد ذلك، كان يُشَرِّحها، ويحفظ نسيجها، وبرازها. وفي المساء، كان يكرر الرحلة لجمع المزيد من الفئران، وتزويد مصائد فئران جديدة بطعوم من زبدة الفول السوداني. كان يومه يبدأ في الساعة 4:30 صباحًا، وينتهي في منتصف الليل تقريبًا. واتبع هذا الروتين على مدار سبعة أيام في الأسبوع لمدة شهرين. ويقول: "عندما تفعل ذلك لمدة أسبوع واحد مثلًا، يكون ممتعًا، لكنْ بعد فترة من الزمن، يصبح الأمر شاقًّا للغاية".

في النهاية، اصطاد روسارت أكثر من 800 فأر، واختار مع زملائه ثلاثة فئران، تتوفر فيها الجوانب الوراثية المناسبة، ولا تحمل أي أثر لمسببات أمراض. ونقل الفريق بعد ذلك الميكروبات من براز هذه الفئران إلى فئران حبلى خالية من الجراثيم. وعندما وضعت هذه الفئران صغارها، نقلت هذا الميكروبيوم إليها. قارن بعد ذلك الفريق بين هذه المجموعة من الفئران، وأخرى خالية من الجراثيم، كانت قد اكتسبت ميكروبيومًا من بيئة المختبر المُعقَّمة.

حَقَنَ الباحثون، بعد ذلك، الفئران بفيروس إنفلونزا معدِّل للفئران؛ فنجا 92% من الفئران الحاملة للميكروبيوم البري، في مقابل 17% فقط من الفئران التي تحمل ميكروبيوم المختبر المعياري[4]. وظهر أيضًا لدى الفئران التي تحمل الميكروبيوم البري مرض أقل حدة، عندما عرَّضها الباحثون لمواد كيميائية مسببة لسرطان القولون. وتقول ريهرمان: "إن الفرضية المثيرة للاهتمام هنا هي أنك إذا جعلتَ فأر تجارب ما أكثر شبهًا بفأر حقيقي في العالم الطبيعي؛ فإنه سيصبح نموذجًا أفضل للبشر الذين يعيشون أيضًا في العالم الطبيعي".

هذا، ولكنّ الزيادة في الخصائص البرية لا تؤدي بالضرورة إلى تعزيز القدرة على مكافحة العدوى. ففي شهر مارس الماضي، أوضحت آندريا جراهام، عالِمة البيئة التطورية بجامعة برينستون في نيوجيرسي، وزملاؤها أن السماح لفئران التجارب باكتساب الخصائص البرية مجددًا يجعلها أكثر عرضة للإصابة بعدوى الديدان[5]، فقد أعطت جراهام فئران التجارب بمختبرها فرصة التجوّل بحُرّية في ثمانية حيّزات مُسيَّجة في الخلاء. وعندما أطلقت الدفعة الأولى، بدأت الفئران على الفور في استكشاف المكان، وحفرت جحورًا، وتذوقت طعام جديد. وتقول جراهام: "كانت السعادة غامرة، وأمضت الفئران بضع ليال دون نوم". وأثّرت الميكروبات التي تعرضت لها هذه الفئران تأثيرًا كبيرًا على قدرتها على السيطرة على بعض أنواع الطفيليات. وكانت الفئران في معمل جراهام تقاوم عادة العدوى الطفيلية بسرعة، لكنْ في الخلاء، "حملت الفئران قدرًا كبيرًا من الديدان خلال أسبوعين فقط"، حسب قول جراهام. ولا يزال الباحثون يحاولون معرفة السبب وراء ذلك، ما قد يساعد في الكشف عن آلية عمل جهاز المناعة في بيئة أكثر طبيعية. يقول روسارت إن الجهاز المناعي ربما يعطي الأولوية لمكافحة الميكروبات القاتلة - الفيروسات والبكتيريا - على أنواع العدوى الأقل خطورة، مثل الديدان. ويضيف: "لا يمكن أن تكون الاستجابة المناعية مثالية ضد كل شيء".

أثارت فكرة النماذج الملوّثة الكثير من الحماس. يقول ألكساندر ماو، وهو رئيس منتجات وخدمات الميكروبيوم في شركة «تاكونيك بايوساينسز»، ومُربِّي ومورِّد حيوانات المختبرات، ويقيم في رينسيلار بنيويورك: "تُعَد هذه الدراسات علامات بارزة من نواحٍ عديدة"، حيث ستسمح هذه الفئران الملوّثة للباحثين "بالنظر في آليات مختلفة للمناعة الوقائية، لا يمكن إيجادها في نموذج فأر التجارب العادي"، حسب قول ماو.

«أعتقد أننا بحاجة إلى العمل بشكل أكبر مع علماء البيئة والحيوان، وأن نلتفت إلى العالم الواقعي».

نماذج تُرضي الجميع

لا يعرف الباحثون حتى الآن أي نماذج الفئران تتوافق على أفضل نحو مع أي أسئلة بحث. ففي تجربة ماسوبست - على سبيل المثال - تتعرض كل مجموعة من فئران التجارب لمجموعة متنوعة من مسببات الأمراض. ويُعَد ذلك سلاحًا ذا حدين، حسب قول ماسوبست، لأن البشر أيضًا مختلفون. أما في تجربة فيرجن، فالفئران تلقَّت مجموعة محددة من مسببات الأمراض، غير أن تأثير ذلك على جهاز المناعة لم يكن قويًّا للغاية.

تقول إليانور رايلي، أخصائية المناعة في جامعة إدنبره بالمملكة المتحدة، إنه لا يمكن لأيٍّ مِن هذه النماذج أن يقدم صورة طبق الأصل لما يحدث في الطبيعة[6]. فالفئران البرية تختلف عن فئران التجارب من نواحٍ عديدة؛ فالنظام الغذائي، أو النوع، أو ضوء النهار، أو درجة الحرارة يمكن أن يلعب كل منها دورًا في هذا الاختلاف. وتضيف رايلي: "أعتقد أننا بحاجة إلى العمل بشكل أكبر مع علماء البيئة والحيوان، وأن نلتفت إلى العالم الواقعي. ومن الخطورة تَبَنِّي نهج يميل إلى الاختزال والتبسيط نوعًا ما".

بل وإنّ إعادة إنتاج هذه النسخة المبسطة من الطبيعة البرية في المختبر تمثّل عبئًا كبيرًا، حسب قول فيرجن، الذي يضيف: "لا أعتقد أن الناس لديهم أي شك في أهمية ذلك، إلا أن إجراء التجارب فعليًّا يتطلب قدرًا كبيرًا من البِنْية التحتية". ويتفادى نموذج الميكروبيوم البري العديد من مشكلات التعامل مع مسببات الأمراض، لكن اصطياد الفئران البرية - كما يعرف روسارت جيدًا - له صعوباته الخاصة به.

ولا يزال علينا التأكد بشكل قاطع مما إذا كانت الفئران الملوّثة تمثّل الحالة البشرية بصورة أفضل من فئران التجارب القياسية، وتقدِّم أساسًا أفضل لاختبار الأدوية، أم لا. والتجربة المثالية هي التي تتضمن تناول علاج ما فشل في التجارب الإكلينيكية، وإعادة اختباره في النماذج الجديدة؛ لمعرفة ما إذا كانت النتائج تتطابق مع ما حدث في البشر، أم لا.

هذا بالضبط ما يقوم به فريق ماسوبست، الذي يعمل مع شركتي أدوية. إحدى هاتين الشركتين لديها علاج، فشل في الدراسات التي أُجريت على البشر، وترغب في معرفة ما إذا كان بإمكان الفئران الملوّثة التنبؤ بهذا الفشل، أم لا. أما الشركة الأخرى، فطلبت من ماسوبست أن يستخدم فئرانه لاختبار علاج محتمَل، ثبتت فاعليته مع الفئران النظيفة. وتشير البيانات الأولية إلى أن العلاج لم يكن له تأثير كبير على الفئران الملوّثة.

بدأت مستعمرات الفئران الملوّثة تظهر في أبحاث أخرى؛ فقد حصل دانييل كامبل، أخصائي المناعة في معهد بيناروﻳا للأبحاث في سياتل بواشنطن، على منحة من معاهد الصحة الوطنية الأمريكية في ديسمبر الماضي؛ لإنشاء مجموعته الخاصة من هذه الفئران. يرغب كامبل وزملاؤه في اختبار العلاجات التي طوّروها من أجل المناعة الذاتية، والتي يبدأ فيها جهاز المناعة في مهاجمة الأنسجة السليمة. ويبدو أن العلاجات لهذه الحالات تكون فعالة في الفئران الخالية من مسببات الأمراض، لكنّ "الكثير من هذه العلاجات لم يشهد نجاحًا كبيرًا في الإنسان"، حسب قول كامبل. ويعتقد كامبل أن الفئران الملوّثة، التي لديها جهاز مناعة أكثر تطورًا من فئران التجارب القياسية، قد تكون نموذجًا أكثر واقعية لاختبار هذه العلاجات. فعلى سبيل المثال، قد تسمح هذه الفئران الملوّثة للباحثين بالكشف بشكل أفضل عن الآثار الجانبية غير مرغوب فيها. ويضيف كامبل قائلًا: "ما يقلقنا هو السلامة".

يقول كامبل إن تطبيق نموذج تجربة التسكين المشترك لم يكن سهلًا، لكنه يعتقد أن النتائج تجعله يستحق العناء. ولدى الكثير من زملاء كامبل فرضيات، يودُّون اختبارها باستخدام الفئران الملوّثة، بمجرد أن تصبح المستعمرة جاهزة. ويقول كامبل: "أعتقِد أن هناك اهتمامًا كبيرًا بالموضوع، وأن الجميع سيرغبون في المشاركة".

كاساندرا ويليارد صحفية حرّة، مقيمة في ماديسون بولاية ويسكونسن.

1. Hay, M., Thomas, D. W., Craighead, J. L., Economides, C. & Rosenthal, J. *Nature Biotechnol.* **32,** 40–51 (2014).
2. Beura, L. K. *et al. Nature* **532,** 512–516 (2016).
3. Reese, T. A. *et al. Cell Host Microbe* **19,** 713–719 (2016).
4. Rosshart, S. P. *et al. Cell* **171,** 1015–1028.e13 (2017).
5. Leung, J. M. *et al. PLoS Biol.* **16,** e2004108 (2018).
6. Abolins, S. *et al. Nature Commun.* **8,** 14811 (2017).

تعليقات

CLAUDIA DAUT/REUTERS



رجل ينتظر العلاج في مستشفى في هافانا، حيث ثبتت فعالية عقار لعلاج قرح القدم القدم السكرية في تجربة إكلينيكية.

متى ستعكس التجاربُ الإكلينيكة التنوّع؟

يكشف تود **سي. نيبر، وهوارد إل. ماكليود** في تحليلهما لدراسات العقاقير عن أن معظم المشاركين هُم من البِيض، بالرغم من إجراء التجارب في عدة بلدان.

منذ أواخر تسعينيات القرن الماضي، تضاعف تقريبًا عدد البلدان المساهمة ببيانات التجارب الإكلينيكية التي تستخدمها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية لاعتماد العقاقير (انظر: «الاتجاه نحو العالمية»)، ومع ذلك، فإن هذا التوسع العالمي في مواقع الدراسة لم تصحبه زيادة مماثلة في التنوع العرقي للأشخاص المُسجّلين في التجارب. ففي عام 1997، كان 92% من المشاركين في هذه التجارب من البِيض، وفي عام 2014 وجدنا أن هذه النسبة كانت لا تزال حوالي 86%.

يشير عدد متزايد من المؤلَّفات العلمية إلى أن فعالية أي عقار، واحتمال تَسَبُّبه في آثار جانبية، وطبيعة تلك الآثار، يمكن أن تختلف بين الأشخاص ذوي الأصول المختلفة[1]. وتَحَدَّث المموّلون والباحثون مرارًا وتكرارًا عن ضرورة تَضَمُّن التجارب الإكلينيكية أعدادًا أكبر من المشاركين المنتمين إلى أقليات عرقية. وفي الواقع، طالَب قانون إحياء معاهد الصحة الوطنية الأمريكية قبل 25 عامًا بإشراك أعداد أكبر من الأشخاص المنتمين إلى أقليات عرقية في التجارب الإكلينيكية.

ومن وجهة نظرنا، ينبغي على مطوري العقاقير الاستفادة من التوسع العالمي ◄

في مواقع التجارب الإكلينيكية لتصميم دراسات تمثّل عددًا أكبر من سكان العالم.

استكشاف البيانات

ولمعرفة أي القطاعات السكانية توفر معلومات عن سلامة العقاقير وفعاليتها التي تستخدمها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية، راجعنا الاعتمادات التي أصدرتها الإدارة في خمس مراحل في الفترة من 1997 إلى 2014. وفي كل اعتماد، وثّقنا عِرق الأشخاص المشاركين في التجربة الإكلينيكية، والبلد الذي أُجريت فيه التجربة. (كانت جميع هذه التجارب تجارب فعالية محورية، تُعَد بوجه عام أكثر الأدلة جزمًا لفعالية العقاقير وسلامتها). ولم نركز سوى على فئات "الأبيض"، و"الأسود"، و"الآسيوي"، و"غير ذلك"، لأن هذه الأعراق ذُكِرت على نحو متماثل في مختلف البلدان. وكانت البيانات المتعلقة بانتماءات إثنية معينة، مثل الأشخاص من أصل إسباني، أو غير إسباني، متخبطة بسبب عدم اتساق ذكرها، ومن ثم حُذِفت من التحليل.

كذلك ركّزنا على علاجات أمراض القلب، والسرطان، واضطرابات الجهاز العصبي المركزي؛ فنسبة 41% من اعتمادات العقاقير التي صدرت في الفترة ما بين عامي 1997، و2014 كانت لهذه المشكلات الصحية العالمية الشائعة[2]. وقيّمنا اعتمادات إدارة الغذاء والدواء الأمريكية، لأن بلدانًا عديدة تحذو حذو هذه الإدارة في قراراتها التنظيمية الخاصة.

وطوال السنوات الخمس التي خضعت للتقييم (1997، و2004، و2009، و2012، و2014)، حصل 81 عقارًا من عقاقير أمراض القلب، واضطرابات الجهاز العصبي المركزي، والسرطان على اعتماد إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (انظر: المعلومات التكميلية) بناءً على تجارب إكلينيكية شملت قرابة 150 ألف شخص. وقد أسهم تسعة وعشرون بلدًا ببيانات التجارب الإكلينيكية في كل عام من الأعوام الخاضعة للتقييم. وزاد تمثيل أوروبا الشرقية، ومنطقة آسيا والمحيط الهادئ، وأمريكا اللاتينية، ومنطقة البحر الكاريبي خلال فترة الدراسة (انظر: "الاتجاه نحو العالمية"). وقد صنّفنا المناطق وفقًا للمجموعات الإقليمية للأمم المتحدة.

وعلى مدار هذه المراحل الزمنية الخمس، ظلت التركيبة العرقية للتجارب الإكلينيكية مستقرة نسبيًّا (انظر: "الاتجاه نحو العالمية"). وتراوحت النسبة المئوية المتوسطة للمشاركين الأفريقيين والأمريكيين من أصل أفريقي في كل تجربة ما بين 1.8%، و3.5%. أما المشاركون الآسيويون، فتراوحت نسبتهم ما بين 0%، و7%. وتراوحت نسبة أيّ مجموعة غير محددة، أو غير موصوفة بالأبيض، أو الأسود، أو الآسيوي، بين 1.4%، و3.4%. ولفهم السياق المحيط، وفقًا لتعداد السكان في الولايات المتحدة، كان 72.7% من سكان الولايات المتحدة من البيض ذوي الأصول غير الإسبانية في عام 1997، وبحلول عام 2014 كانت هذه النسبة 62.2%. وكذلك في عام 2015، كان يعيش قرابة 75 %من سكان العالم في آسيا، أو أفريقيا[3].

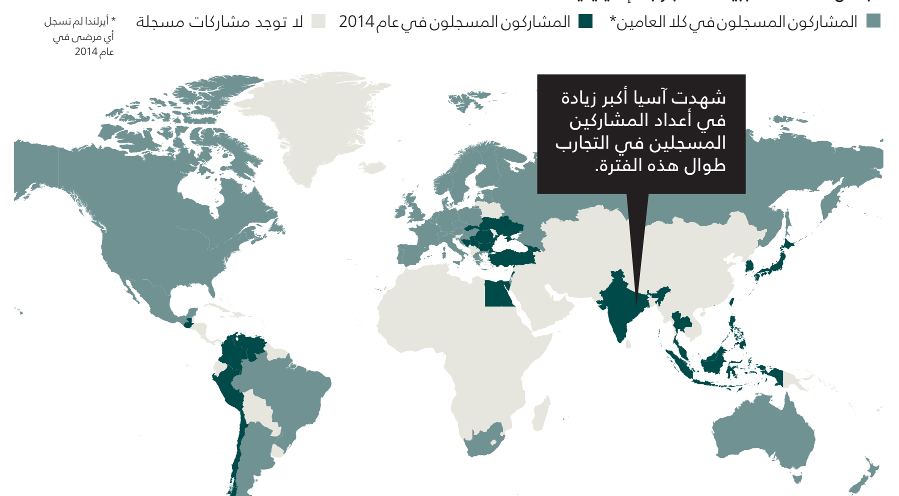
ولا شك أن تحليلنا يشوبه بعض أوجه القصور، إذ يختلف المزيج المثالي للانتماءات العرقية والإثنية من بلد إلى آخر. وقد قارنا الخصائص الديموغرافية للتجارب بسكان الولايات المتحدة، لأننا استخدمنا بيانات تجارب قيّمتها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية.

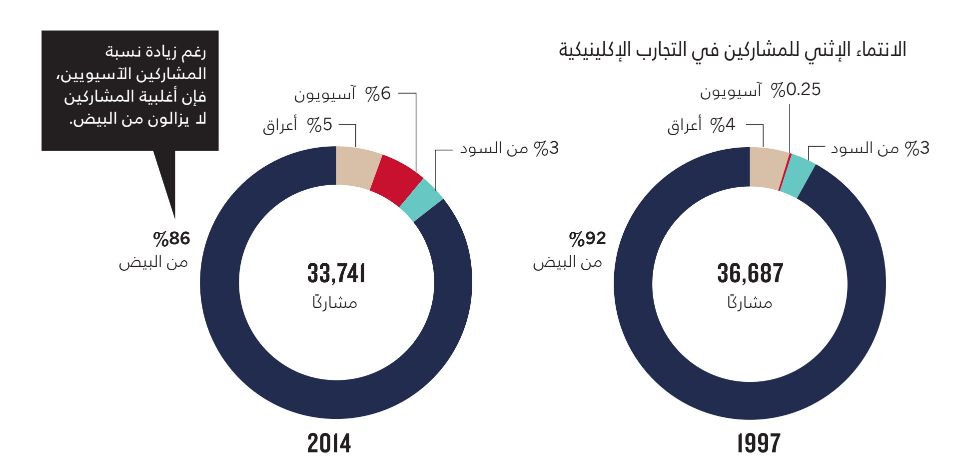
تغيير المواقع

توجد عدة أسباب محتملة لعدم زيادة تنوّع المشاركين في التجارب مع توسع البلدان المساهمة ببيانات هذه

الاتجاه نحو العالمية

ضاعَف تقريبًا عدد البلدان المساهمة ببيانات التجارب الإكلينيكية التي تستخدمها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية في اعتماد العقاقير في الفترة ما بين عامي 1997، و2014؛ إذ زادت من 32 إلى 57. وكان التغيّر في التركيبة العرقية بهذه التجارب ضئيلًا.





SOURCE: US FOOD AND DRUG ADMINISTRATION

التجارب. ويعود ذلك - على الأرجح - إلى تناقص أعداد المشاركين في التجارب، أو تناقص أعداد التجارب التي تُجرَى في هذه الدول، التي بدأت تسهم ببياناتها في الآونة الأخيرة. ولا توحي أي محادثة من المحادثات التي أجريناها مع مطوري العقاقير بأن هدف زيادة التنوّع السكاني في التجارب الإكلينيكية هو الدافع وراء تغيير أماكن إجراء التجارب.

ونحن نعتقد أن الزيادة الكبيرة في عدد البلدان المساهمة ببيانات التجارب الإكلينيكية (من 32 في عام 1997 إلى 57 في عام 2014) ترجع إلى عاملين رئيسين. العامل الأول هو النقص المتزايد في أعداد مواطني البلدان ذات الاقتصاد المتقدم، المؤهلين للتجارب الإكلينيكية. فالبلدان الغنية أكثر قدرة على اعتماد علاجات جديدة في الرعاية المعيارية، مقارنة بالبلدان الفقيرة. لذا، فإن الكثير من المرضى في الولايات المتحدة وأوروبا الغربية يمكنهم حاليًّا الحصول على مجموعة متنوعة من العقاقير خارج إطار التجارب الإكلينيكية. ودفعت ندرة مَن يعانون من حالة معينة، ولا يحصلون على أدوية بالفعل — أي المرضى "الذين لم يتلقوا أي علاج من قبل" — مطوري العقاقير إلى البدء في استقطاب مشاركين من خارج البلاد.

أما العامل الثاني، فهو انخفاض التكاليف. ففي أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية، عادة ما تُحمل المستشفيات ومراكز الرعاية الأخرى مطوري العقاقير تكاليف أكثر لاستضافة التجارب الإكلينيكية، مقارنة بالمؤسسات المماثلة في أوروبا الشرقية، وآسيا. وكذلك تكون نفقات الموظفين أقل عادةً في البلدان الأقل ثراء، ويمكن استكمال الدراسات فيها بوتيرة أسرع.

فعالية العقاقير

يشير العديد من الدراسات إلى اختلاف احتمال حدوث الآثار الجانبية للعقار، وطبيعتها، وحِدّتها بين القطاعات السكانية[1]، فعلى سبيل المثال، يقلل عقار كلوبيدوجريل المضاد للصفيحات من احتمال إصابة الشخص بنوبة قلبية، أو سكتة دماغية، بعد خضوعه لبعض عمليات القلب. وقد كشفت دراسات الارتباط على نطاق الجينوم وغيرها من الدراسات الأخرى عن أن الأشخاص الذين لديهم متغيرات وراثية معينة في جين *CYP2C19*، الذي يشفّر إنزيمًا منشطًا

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

للعقار، قد يحتاجون إلى علاج مختلف أكثر تكلفة[4]. كما أن الأشخاص ذوي الأصول الآسيوية أكثر عرضة بثلاث مرات لإنتاج إنزيمات CYP2C19 ضعيفة الأداء، مقارنة بالأشخاص ذوي الأصول البيضاء[5,6].

وكذلك قبل حوالي عشرين عامًا، حددت الدراسات الجينومية وغيرها من الدراسات الأخرى، التي أُجري معظمها على مجموعات سكانية بيضاء، واسمات جينية تشير إلى خطر تعرُّض المصابين بالسرطان لانخفاض خطير في عدد خلايا الدم البيضاء، بعد معالجتهم بدوائي المناعة الذاتية 6- مركابتوبورين (6-MP)، أو الأزاثيوبرين[7]. وقد كانت الواسمات بمثابة متغيرات في جين يُسمَّى *TPMT*. وكشفت دراسات أُجريت بعد ذلك على مرضى من آسيا وأمريكا الجنوبية ممن يتناولون هذين العقارين، عن أن المتغيرات في جين *NUDT15* تمثّل المؤشر الرئيس للتنبؤ بما إذا كان العقار سامًّا لخلايا الدم البيضاء لدى الشخص، أم لا[8,9]. وظل العلماء غافلين عن واسم مهم لسلامة المرضى طوال ما يقرب من عقدين، بسبب نقص الاختبارات الجينومية الشاملة.

التقدّم إلى الأمام

ثمة جهود متنوعة تُبذَل لزيادة الوعي بأهمية التنوّع السكاني في التجارب الإكلينيكية، ولتحسين جودة البيانات التي تُجمَّع عن الانتماء العرقي والإثني (انظر: "توثيق التنوّع"). فالكثير مما نعرفه عن الاختلافات بين القطاعات السكانية في الاستجابة للعقاقير مستندِ إلى وصف لحالات فردية، أو مأخوذ من ملاحظات عن عدد قليل من المرضى. ومعظم التجارب الإكلينيكية لا تضم عددًا كافيًا من المرضى من مختلف القطاعات السكانية لتقدم إرشادات قاطعة.

ومن الواضح أنه من غير العملي محاولة إجراء تجارب على العقاقير على كل فئة معروفة من فئات المرضى في ربوع العالم، إلا أننا نعتقد أن المطورين يفوتون على أنفسهم فرصة الاستفادة من زيادة عدد الدول المستضيفة للتجارب الإكلينيكية، إذ ينبغي على الباحثين تصميم دراسات - واختيار مواقع لها - تجعل التجارب الإكلينيكية أكثر ثراءً بالمعلومات عن سلامة العقاقير وفعاليتها لأكبر عدد ممكن من سكان العالم.

وهذا قد يعني إجراء تجارب إكلينيكية في أماكن معينة، أو زيادة أعداد المرضى الذين يُستعان بهم للمشاركة في تجارب معينة. ويمكن أن يتمثّل خيار آخر في إجراء دراسات "حساسية الأعراق للعلاجات". وفي هذه الدراسات، يكون هناك عقار قد خضع للتقييم في تجربة إكلينيكية كبيرة، ويُختبَر بعد ذلك على عدد أقل من الأفراد المنتمين إلى المجموعة السكانية محل الاهتمام، لفهم المزيد عن الآثار الجانبية، ومستويات الجرعات المناسبة لها، وما إلى ذلك مما يخص هذه المجموعة تحديدًا. وتَستخدِم اليابان هذا النهج كثيرًا؛ إذ تُختبَر العقاقير التي أظهرت التجارب العالمية أمانها وفعاليتها في وقت لاحق على مرضى يابانيين[10].

وبإمكان الهيئات التنظيمية أن تفعل أكثر من ذلك؛ فتوجد بالفعل آليات لتركيز الاهتمام على "قطاعات سكانية معينة" في تطوير العقاقير. فعلى سبيل المثال، تطلب إدارة الغذاء والدواء الأمريكية كثيرًا من المطورين إجراء تجربة إضافية تركز على فئة عمرية معينة، إذا كانت نسبة كبيرة ممن يُحتمل أن يتناولون العقار محل الدراسة أكبر من 75 سنة، على سبيل المثال. ويمكن كذلك لإدارة الغذاء والدواء وغيرها من الجهات التنظيمية تطبيق آليات مماثِلة بشأن الانتماء العرقي، أو الإثني. وبإمكان الجهات التنظيمية أيضًا تقديم إرشادات للشركات المُصنِّعة حول كيفية استغلال معلومات الأصول الوراثية في زيادة الضمانات التي يحصل عليها الأطباء والمرضى بشأن سلامة العقار.

وضمان تمثيل عدد أكبر من الفئات السكانية في التجارب الإكلينيكية قد يتطلب من المطوِّرين والجهات التنظيمية وجهات أخرى التعامل مع بعض العوائق الاجتماعية التي تحُول دون المشاركة.

في أي بلد، قد تفضِّل مجموعات سكانية - لأسباب ثقافية، أو تاريخية - عدم المشاركة في دراسة علمية ما، أو قد يصعب عليهم الوصول إلى المراكز الطبية التي تُجْرِي التجارب الإكلينيكية. ويعمل بعض الباحثين في الوقت الحالي على معالجة هذا الأمر، عن طريق محاولة بناء الثقة مع المجتمعات التي يعملون بها، على سبيل المثال. وعلى حد علمنا، لا تُبذَل هذه الجهود على نطاق واسع من جانب الجهات التنظيمية، أو شركات الأدوية.

يتمثّل الوضع المثالي في توفيق العلاج للمرضى، استنادًا إلى بياناتهم الوراثية، أو البروتيومية، أو غيرها من الأنماط الأخرى. وهذا، نظريًّا، من شأنه أن يُغْنِي عن الحاجة إلى مراعاة الانتماء العرقي، أو الإثني. ومع وضع هذا الهدف نصب أعيننا، يجب أن تتضمن التجارب الإكلينيكية تحديد الاختلافات الفردية التي تؤثر على مخاطر العقار وفوائده.

وفي الوقت الحالي، يجب على الباحثين - على الأقل - استغلال حقيقة إجراء التجارب الإكلينيكية في عدد أكبر من الدول، مقارنةً بما كان عليه الحال قبل عقدين من الزمان، وأن يسعوا جاهدين للحصول على صورة أكثر اكتمالاً للمرض وكيفية معالجته، بما يصبّ في صالح الجميع. ■

توثيق التنوّع

جهود تنظيمية

حاولت مساعٍ دولية مختلفة تقديم إرشادات بشأن كيفية التفكير في تنوّع الفئات السكانية في التجارب الإكلينيكية، وتوثيقه، فأصدر المؤتمر الدولي المعني بالمواءمة تقارير بخصوص هذه المسألة. ويجمع هذا المؤتمر بين السلطات التنظيمية في أوروبا واليابان والولايات المتحدة من جهة، وخبراء صناعة الأدوية من جهة أخرى؛ لوضع معايير إجراء التجارب الإكلينيكية. ويحدد تقرير E5 الصادر عن هذا المؤتمر كيفية تقييم تأثير الانتماء الإثني على فعالية العقار وسلامته. ويقدم تقرير E17 (الصادر عن المؤتمر في عام 2017) إرشادات بخصوص تخطيط وتصميم التجارب الإكلينيكية التي تُجرَى في مواقع متعددة[11].

وبالمثل، في عام 2012، صار من متطلبات القانون الأمريكي أن تبلّغ إدارة الغذاء والدواء الأمريكية عن مدى تمثيل المجموعات الديموغرافية الفرعية في الدراسات الإكلينيكية التي تُجرَى على العقاقير، والأجهزة الطبية، والأنواع البيولوجية الجديدة، مثل الأجسام المضادة أحادية النسيلة. وأصدرت الإدارة تقارير تلخص هذه البيانات، بما في ذلك تحليل "المشاركة العالمية في التجارب الإكلينيكية" باستخدام بيانات الفترة ما بين عامي 2015، و2016. وتبيّن تَوافُق هذا التقييم إلى حد كبير مع النتائج التي توصلنا إليها.

وبناءً على هذه التقارير، حدّثت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية إرشاداتها حول كيفية جمع بيانات الانتماء العرقي والإثني في التجارب الإكلينيكية. وفي عام 2014، بدأت الإدارة تصدِر «لمحات من تجارب العقاقير»؛ وهي معلومات عامة عن المشاركين في التجارب الإكلينيكية، دعّمت اعتماد الإدارة لعقاقير جديدة (تشمل النوع الاجتماعي، والعِرْق، والعمر، إلخ).

ورغم صحة مسار هذه الخطوات، فإنها لم تحقق حتى الآن زيادة كافية في تنوّع المجموعات السكانية المُمثَّلة في التجارب الإكلينيكية. **تود سي. نيبر، وهوارد إل. ماكليود**

تود سي. نيبر متخصص في الطب الشخصي. و**هوارد إل. ماكليود** يشغل منصب رئيس قسم طب السرطان المخصص في معهد ديبارتولو للطب الشخصي الأسري في مركز موفيت لعلاج السرطان الشامل في مدينة تامبا، فلوريدا 33612، الولايات المتحدة الأمريكية.

البريد الإلكتروني: todd.knepper@moffitt.org؛ howard.mcleod@moffitt.org

1. Ramamoorthy, A., Pacanowski, M. A., Bull, J. & Zhang, L. *Clin. Pharmacol. Ther.* **97**, 263–273 (2015).
2. Mullard, A. *Nature Rev. Drug Discov.* **14**, 77–81 (2015).
3. United Nations *Population and Vital Statistics Report* (United Nations, 2014); go.nature.com/2HUz7JA
4. Wang, Y. *et al. J. Am. Med. Assoc.* **316**, 70–78 (2016).
5. Shu, Y. & Zhou, H. H. *Acta Pharmacol. Sin.* **21**, 193–199 (2000).
6. Scott, S. A. *et al. Clin Pharmacol. Ther.* **94**, 317–323 (2013).
7. McLeod, H. L., Krynetski, E. Y., Relling, M. V. & Evans, W. E. *Leukemia* **14**, 567–572 (2000).
8. Moriyama, T. *et al. Nature Genet.* **48**, 367–373 (2016).
9. Knepper, T. C. & McLeod, H. L. *J. Clin. Oncol.* **33**, 1230–1231 (2015).
10. Shirotani, M., Suwa, T., Kurokawa, T. & Chiba, K. *J. Clin. Pharmacol.* **54**, 438–445 (2014).
11. International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use. *General Principles For Planning And Design Of Multi-Regional Clinical Trials E17* (ICH, 2017); go.nature.com/2jik8bz

تتوفر معلومات تكميلية بالنسخة الإنجليزية من هذا المقال على الإنترنت (انظر: go.nature.com/21224Wm).

علم نفس

الحرب والسلام في معسكر صيفي

أليكس هاسْلام يُقيّم كتابًا عن تجارب نفسية مهمة حول الصراع والتعاون.

بعد الحرب العالمية الثانية ببضع سنوات، أجرى مظفر شريف دراسة ميدانية، قد تكون الأكثر تعقيدًا على الإطلاق في مجال علم النفس الاجتماعي. ركزت هذه الدراسة - التي جرت في معسكرات صيفية بأماكن متفرقة من الولايات المتحدة - على الصراع والتعاون داخل وبين مجموعتين، تتكوّن كلٌّ منهما من حوالي 12 صبيًّا في سن 11 و12 سنة. لم يتم إخبار الأطفال قط بأنهم يشاركون في بحث علمي. وفي كل دراسة، قضى شريف وزملاؤه الباحثون مدة تصل إلى ثلاثة أسابيع متنكرين في هيئة مرشدين ومشرفين، عدّلوا خلالها في خصائص إعدادات المعسكرات، لا سيما هيكل منافسات الفِرَق، والتحديات التي كان على الأطفال تجاوزها؛ لدراسة أثرها على العلاقات الجماعية.

تُخضع جينا بيري، في كتابها «الصبية الضالّون» *The Lost Boys* هذه التجارب الرائعة للفحص الدقيق. وكما هو الحال في كتابها «خلف جهاز الصدمات» *Behind the Shock Machine*، الصادر في عام 2013، الذي استطلعت فيه بحث عالم النفس ستانلي ميلجرام عن الطاعة، الذي أجراه في الستينيات، تكشف بيري في هذا الكتاب أيضًا عن عدم رضاها عن أنصاف الحقائق التي تتناقلها الكتب الدراسية في تكاسل. وتهدف إلى تقديم إسهام مميز في الجدل الدائر حاليًّا حول التكرار، وإمكانية الوصول إلى النتائج نفسها في علم النفس الاجتماعي. فتبحث بيري في كواليس البحث، مُعِيدةً - على وجه الخصوص - تقييم المعرفة التي تركها لنا شريف، من خلال استعراض ذكريات المشاركين في الدراسة، والمساهمين في البحث. وكانت نتيجة ذلك كتابًا ينير العقول، وحكاية رائعة.

تضمّنت كل الدراسات الثلاث، التي أجراها شريف، مرحلة تنافست فيها المجموعتان على موارد شحيحة، مثل المطاوي الثمينة. لكن تصميم الدراسات اختلف اختلافًا كبيرًا من نواحٍ أخرى. ففي الدراستينً اللتين أُجريتا خلال عامي 1949، و1953، خاض الصبية مرحلة تكوين صداقات. ووضِع كلٌّ منهم، بعد ذلك، في إحدى مجموعتين مختلفتين لا تتضمنا الأصدقاء الذين تم التعرف عليهم قبلًا. أما في الدراسة التي أُجريت خلال عام 1954 في متنزه روبرز كيف العام بأوكلاهوما، لم يمر الصبية بمرحلة تكوين صداقات أولية. وإضافة إلى ذلك، تَلَت المنافسة فترة، كان بإمكان المجموعتين فيها الحصول على مكافأة ثمينة (مثل مشاهدة فيلم)، شريطة أن تتعاونا فيما بينهما (مثلًا عن طريق تجميع أموال من أفراد المجموعة). وعبّرت هذه الدراسات تعبيرًا دقيقًا عن العصر الذي أُجريت فيه؛ فقد اختار العلماء صبية بيض بروتستانت، أُعتُبِروا "مستقرين" نفسيًّا.



الصبية الضالّون: استطلاع لتجارب «متنزّه روبرز كيف» لمظفر شريف
جينا بيري
دار نشر سكرايب (2018)

أشار شريف وزملاؤه في كتابات لاحقة - أبرزها كتاب «صراع المجموعات، وتعاونُها» *Group Conflict and Co-operation* الصادر في عام 1966 - إلى أن التعديلات التي قاموا بها قد أثّرت بشكل كبير على سلوك الصبية. وعلى وجه التحديد، أدّى التنافس - بوجه عام - إلى ثنائية "هم ونحن" فيما يتعلق بالهوية، وهو ما تنبأت به نظرية "الصراع الواقعي"؛ فتحوَّل الصبية المهذبون إلى أعداء عدوانيين متحيِّزين. ومن المثير للاهتمام أن العكس قد حدث في دراسة متنزّه روبرز كيف، الذي طُلِب فيه من الصبية التعاون في المرحلة الأخيرة من الدراسة.

يُعَد بحث شريف أقل شهرة من بحث ميلجرام، أو الدراسات الكلاسيكية اللاحقة التي أجراها سولومون آش عن الامتثال، وفيليب زمباردو عن آليات السلطة المستبدة (B. Maher *Nature* **523**, 408–409 2015)، لكن ما جعل ما تركه شريف من معرفة أكثر وضوحًا

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وأبقى أثرًا هو العمل النظري الدقيق الذي وجّه تصميم دراساته. فلم يكن شريف أبدًا مُجرِّبًا متهورًا، وإنما كان هدفه الطموح هو خلق مشهد تجريبي، قادر على أن يعكس ثراء العلاقات الاجتماعية من منظور شامل.

وكان هذا الانشغال - من نواحٍ كثيرة - انعكاسًا لحياته الخاصة المضطربة. فكما تسجِّل بيري بوضوح، شهدت هذه الحياة صراعات خارجية، وعذابًا نفسيًّا. فقبل الحرب العالمية الثانية وبعدها، تَنَقّل شريف بين بلده الأم تركيا، والولايات المتحدة، في خضم تهديدات شكّلتها النزعات القومية، والنازية، والمكارثية. وفي محطات كثيرة من حياته، عرّضت هذه الضغوط عمله - وأحيانًا حياته - للخطر، وأدّت إلى اكتسابه وخسارته الكثير من الصداقات في أثناء ذلك.

يُلقِي كتاب «الصبية الضالّون» الضوءَ على حياة شريف، وعصره، وكذلك على تاريخ تركيا، وكيفية إجراء الدراسات الميدانية الكبيرة. وتعطي تقارير شريف نفسه عن هذه الدراسات الميدانية انطباعًا خاطئًا بأنّ الأدلة الداعمة لفرضياته النظرية نشأت على نحو سلس - إلى حد كبير - من التعديلات في الدراسات، لكنْ في الواقع، لم يكن الأمر بهذه السلاسة، وِفْق ما تكشف التحريات الدقيقة لبيري.

أولًا، تنوعت ردود أفعال الصبية حول تغيير علاقات المجموعات، وتصعيد الصراع، ولم يكن من السهل دائمًا أن يدرج الباحثون هذه الردود المتباينة في تقرير واحد. ثانيًا، كان الباحثون المساعدون لشريف يختلفون عادةً فيما بينهم في تفسير الأحداث، حتى عند وصفهم للحدث نفسه. ثالثًا، كان من المستحيل ألّا يشترك الباحثون في تشكيل سلوك الصبية؛ فحتى "عدم فعل أي شيء" حمل في حدّ ذاته دلالة (مثل عندما امتنع الباحثون عن استنكار السلوك العدائي بين المجموعتين، وأدّت هذه الموافقة الضمنية إلى تزايد هذا السلوك). رابعًا، أحيانًا لا تسير الأمور وفق الخطة المرسومة. ويظهر ذلك في أوضحِ صوره في الدراسة التي أُجريت في عام 1953، والتي تحتم حذفها؛ ما أصاب شريف بالإحباط، لأن الصبية رفضوا الانخراط في الصراع، لإدراكهم أن التوترات بينهما كانت مُتعمَّدة.

وقد قامت بيري بعمل مذهل في توثيقها لهذه التفاصيل. فقد تتبعت المشاركين، الذين وصل الكثيرون منهم الآن إلى سن التقاعد، ونقلت ردود أفعالهم عندما اكتشفوا - لأول مرة - أنهم شاركوا في دراسة شهيرة. ساور الفضول معظمهم وكانوا متلهفين للحصول على معلومات، فيما كان لدى البعض الآخر مشاعر متضاربة. وشعرت بيري - ولها الحق في ذلك - بالقلق بشأن البُعد الأخلاقي لتتبُّع الآثار النفسية بهذه الطريقة.

وعلى الرغم من ذلك، فإن محاولات بيري لملء الفراغات الحتمية في مصادرها ليست دائمًا مقنِعة، إذ تقوم أحيانًا بقَدْر من "التخيّل" الزائد عن الحد نوعًا ما؛ من أجل رسم صورة متكاملة لأفعال الباحثين، وردود أفعال المشاركين. ويُعَد ذلك إشكاليًّا على نحو خاص في ظل تعليقاتها غير المتسامحة على عيوب مماثلة في تقارير قدّمها شريف وفريقه. فبالرغم من أن بيري تشكك في أن جمْع شريف للبيانات كان مجرد توضيح لسيناريو متصوَّر مسبقًا، فهي نفسها لم تكن معصومة من هذه التهمة.

وتكمن مشكلة أكبر في أن بيري لم توظف المادة التي عثرت عليها توظيفًا أفضل. فلو أنها كانت استطاعت بدقة أكبر الأبحاث النفسية الاجتماعية المعاصرة حول صراع المجموعات وتعاوُنها؛ لوجدت أدلة مهمة تتناسب بشكل وثيق مع الأدلة التي كشفت عنها، وتمهد الطريق لإحراز تقدُّم كبير في الأسئلة التي طرحها شريف.

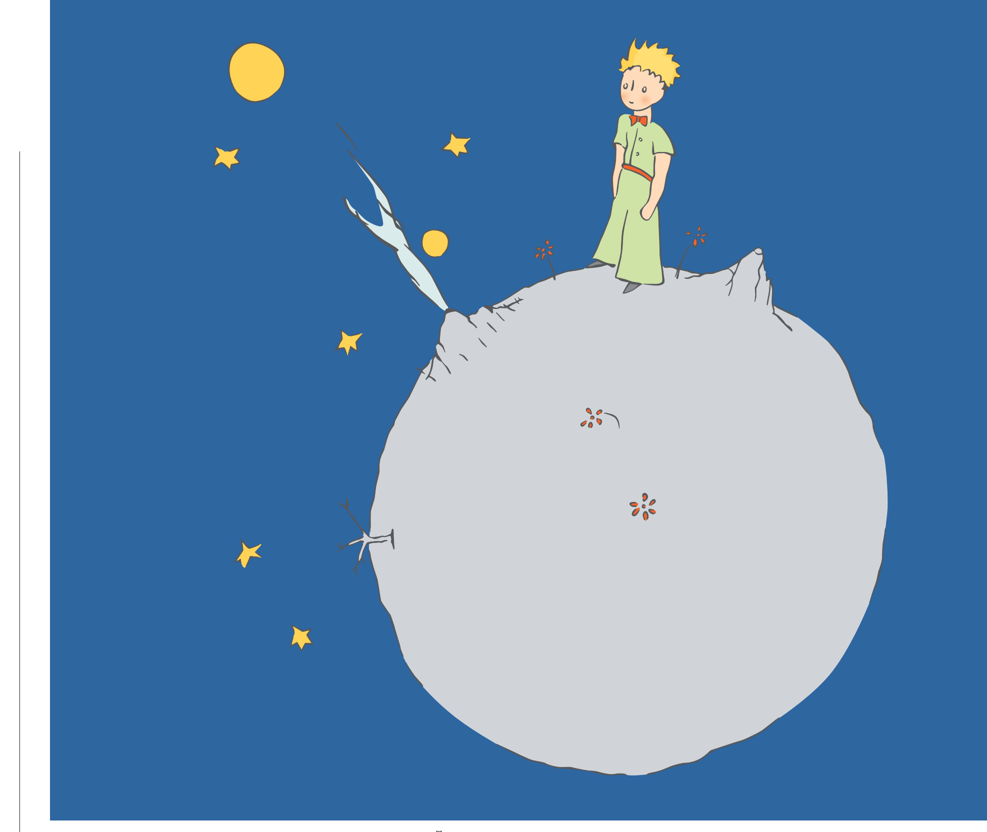
علي سبيل المثال، لاحظ مايكل بيلينج في الدراسة المتخصصة التي أجراها في عام 1976، بعنوان "علم النفس الاجتماعي والعلاقات بين المجموعات"، أن الخطأ النظري الأساسي في تجربة شريف هو عدم وَضْعه الباحثين أنفسهم في الاعتبار بوصفهم مجموعة ثالثة في الدراسات. وقد أشار مايكل بلاتو، وجون هانتر إلى أن شريف نفسه أدرك أن آثار الانتماء إلى مجموعة ما (مثل الوئام داخل المجموعة الواحدة) سبق المنافسة، ولذا، فإن هذا الانتماء يعتمد على هوية المجموعة المُكتسَبة بقدر ما يعتمد على الصراع على الموارد الشحيحة (بطرق حللها هنري تاجفيل، وجون ترنر فيما بعد في نظريتهما عن الهوية الاجتماعية). وبوجه أعمّ، أخفق شريف في تقدير كيف سيسر المشاركون والباحثون على خطاه (خاصةً في غرسه لفكرة الهوية المشتركة). وكما أوضحت الأبحاث منذ ذلك الحين، يشكّل ذلك مساحة غير واضحة الرؤية في العديد من الدراسات الكلاسيكية في علم النفس الاجتماعي، وبالأخص دراسات ميلجرام، وزمباردو.



في كتاب «الصبية الضالّون»، تفتح بيري الباب لتنظير أكثر وضوحًا عن هذه العمليات المهمة المتعلقة بالهوية والتأثير، إلا أنها لا تخوض في هذا التنظير. ومن ثم، يُخلِّف كتابها لدى القارئ مخاوف، ليس فقط من ضياع صوت الصبية، وإنما أيضًا من ضياع صوت شريف نفسه. فقد دعا شريف بحماس وحُجّة مقنعة إلى التطوير النظري لعلم النفس الاجتماعي. وبما أن التركيز حاليًّا على القابلية للتكرار التجريبي يطغى غالبًا على الحاجة - التي لا تقل أهمية - إلى نظرية قوية شمولية، فإننا بحاجة إلى سماع هذا الصوت الغائب، بقَدْر احتياجنا إليه قبل سبعين عامًا. ■

أليكس هاسْلام أستاذ علم نفس، وحاصل على الزمالة الأسترالية بجامعة كوينزلاند في بريزبان. وأحدث كتبه هو كتاب «علم نفس الصحة الجديد» *The New Psychology of Health* (الذي شاركه كتابته كلٌّ من كاثرين هاسْلام، وجولاندا جيتين، وتيجان كرويز، وجينفيف دينجل).





حكاية «الأمير الصغير» *The Little Prince* لأنطوان دو سانت-إكزوبيري تعلِّم الأطفال أخلاقيات رعاية الكوكب الذي نعيش عليه.

علم البيئة

قصص وحكايات لإنقاذ الأرض

يستطلع **إس. إف. سعيد** دراسة عن كتب الأطفال التي يتم استغلالها كإحدى وسائل الاستعداد لمواجهة أزمات كوكبنا.

سيواجه أطفال اليوم تحديات بيئية هائلة، تتراوح بين تغير المناخ، وتلوث المحيطات. فعلى سبيل المثال.. ذكر الاتحاد الدولي لحماية الطبيعة أن ما يقرب من ربع الثدييات على مستوى العالم مهدَّد بالانقراض، أو قد انقرض بالفعل. وفي كتابه «وحوش وقت النوم» *Beasts at Bedtime*، يرى عالِم البيئة ليام هينيجان أن الكتب يمكنها مساعدة الأطفال على التعامل مع تلك الاحتمالات التشاؤمية.

وبشكل جزئي، تُعتبر وجهة النظر التي يتبناها هينيجان بمثابة استجابة لحركة «لن نترك أي طفل بالداخل»، التي أطلقها الصحفي ريتشارد لوف في كتابه «آخِر طفل في الغابة» *Last Child in the Woods*، المنشور في عام 2005. ويناصر هينيجان هدف لوف، الرامي إلى إعادة أطفال اليوم الغارقين حتى الآذان في عالم التكنولوجيا الرقمية إلى الحياة المرتبطة بالطبيعة والهواء الطلق، ولكنه يؤمن أيضًا بأن كلًّا من ممارسة الأطفال للقراءة، وقراءة الكتب لهم، تساعدهم على اكتساب التثقيف البيئي، الأمر الذي يمكِّنهم من الانخراط في الطبيعة، والتفاعل معها بتعمق. ولطرح قضيته بشكل مقنِع، يناقش هينيجان بشكل تفصيلي ما يقرب من 20 كتابًا للأطفال، ويحلل الأفكار والموضوعات البيئية التي تتناولها تلك الكتب.

يركز هينيجان على كلاسيكيات كتب الأطفال، مثل كتاب «حكاية الأرنب بيتر» *Tale of Peter Rabbit*، المنشور في عام 1902 لبياتريكس بوتر، وكتاب «ساحر أوز العجيب» *The Wonderful Wizard of Oz*، المنشور في عام 1900، من تأليف ليمان فرانك باوم، وهي كتابات ألَّفها كُتَّاب من بريطانيا، وأمريكا الشمالية، ولاقت نجاحًا في اجتذاب جمهور من القراء على مستوى العالم. وتنبع اختيارات هينيجان من خبراته كأب وقارئ، وأيضًا من توصيات الآخرين. وقد وجد هينيجان، على سبيل المثال، أنه في القوائم التي وفرتها له الرابطة الوطنية للتعليم (وهي منظمة معنية بشؤون المعلمين بالولايات المتحدة) كانت كل الكتب المُوصَى بها لأطفال ما قبل سن المدرسة تتمحور حول موضوعات بيئية. وفي الوقت ذاته، لاحظ هينيجان أن 60% من الكتب التي يُنصَح بها للأطفال من سن الرابعة، حتى الثامنة "تُبْرِز شخصيات لحيوانات، أو تعبِّر عن الاهتمام بالطبيعة بأشكال أخرى"، وينطبق الأمر ذاته على 50% من الكتب المُوصَى بها للأطفال في سن التاسعة إلى الثانية عشرة.

ويبني هينيجان دراسته وفقًا للسياقات والبيئات التي تُصَوِّرها الكتب التي قام باختيارها والمتمثلة في البيئة الرعوية الريفية، والبيئة البرية، وبيئات الجُزُر، والمناطق الحضرية. ولذا.. يراودك شعور بأن كتابه «وحوش وقت النوم» يبدو أقرب إلى الدليل أو الفهرس منه إلى النِّقاش الآخِذ في التطور، فهناك قَدْر ضئيل من الإحساس بالسياق التاريخي، أو التطور الحادث عبر الزمن. فعلى سبيل المثال.. لم ينجح هينيجان في استيعاب أسباب الشعبية الكبيرة التي حظيت بها قصص عن الحيوانات، مثل «الجَمَال الأسود» *Black Beauty*، التي نُشرت في عام 1877 للمؤلفة آنَّا سيويل، و«كتب الأدغال» في عامي (1894–1895) لكاتبها روديارد كِبلنج، وهي مؤلفات كُتبت في أواخر القرن التاسع عشر في حقبة اتسمت بالتوسعات الحضرية، والتحول الصناعي. كان مِن شأن هذه الاتجاهات الاجتماعية إبعاد الناس عن الاحتكاك اليومي بحيوانات المَزارع والحيوانات البرية، مما أضفى صِبغة من الغرابة على تلك المخلوقات.

وحوش وقت النوم: الكشف عن الحكمة البيئية في أدب الطفل،
ليام هينيجان،
مطبعة جامعة شيكاجو، 2018.

ويمكن القول إن تحليلات هينيجان للكتب الفردية تتسم بالاقتدار؛ فبالنسبة إلى سلسلة «إيرثسي» *Earthsea* للكاتبة أورسولا ك. لو جوين، التي تبدأ بكتاب «ساحر من إيرثسي» *A Wizard from Earthsea*، المنشور في عام 1968، يحدد هينيجان خيطًا يمتد عبر العديد من الأعمال الخيالية. ويبدي هينيجان ملاحظة، يقول فيها: "قبل المغامرات البطولية المفرطة في الإبهار، وقبل التنانين والذهب، وقبل الأعمال البطولية المضنية يأتي عِلم النبات، حيث إن أقزام الهوبيتس يقومون بزراعة حقول المقاطعة، وهاري بوتر يزور الصوبات الزجاجية بصحبة الأستاذة سبراوت، وسيسير جِيد عبر جبال جونت مع أوجيون الصامت؛ ليتعلم منه الاستخدامات المختلفة للنباتات".

ويبين هينيجان كيف أن مفهوم لو جوين عن السحر والحكمة مرتبط بالقدرة على إطلاق المسميات على مكونات البيئة الطبيعية، إلى جانب قِيَم معينة، مثل التوازن، والارتباط، وتحمل المسؤولية، ويغذي تلك الأمور جميعًا إيمان الكاتبة بالحركة النسائية، والطاوية، والميول الإيكولوجية (انظر: M. S. Barr *Nature* **555**, 29; 2018). ورغم أن نظرية "توازن الطبيعة" قد قوبلت بالرفض من جانب علماء البيئة، بدايةً من ألدو ليوبولد في عشرينات القرن العشرين، كما يقر بذلك هينيجان، تظل أفكار لو جوين ملائمة في حقبة تتميز بإخلال البشر بالأنظمة الطبيعية إلى الدرجة التي جعلت البعض يُطلِق عليها حقبة التأثير البشري (الأنثروبوسين).

في نهاية المطاف، وبالرغم من ذلك، ترجع محدودية قيمة الكتاب إلى تركيزه الضيق على الأعمال الكلاسيكية؛ فعلى سبيل المثال.. لا تمثِّل كتب الأطفال الصادرة في القرن الواحد والعشرين سوى سلسلة هاري بوتر لمؤلفتها جيه. كيه. رولينج، وثلاثية «ألعاب الجوع» لسوزان كولينز، رغم أن هناك المئات من الكتب الصادرة على مدار العقد الماضي، أو نحوه، التي تُعتبر ملائمة لموضوع الكتاب وفكرته، بدءًا من «الأخ الذئب» *Wolf Brother* لميشيل بيفر، و«الجامح الأخير» *The Last Wild* لبيرز تورداي، وصولًا إلى «الصبي الخنفساء» *Beetle boy* للمؤلف إم. جي. ليونارد.

يشير هينيجان في كتابه إلى فكرة مفادها أن الروايات التي تتناول الحياة البرية – بدءًا من رواية «روبنسون كروزو» *Robinson Crusoe*، الصادرة في عام 1719 لدانييل دوفو، حتى ما تلاها من روايات – عادةً ما تستبعد وجهات نظر السكان الأصليين. وفي الوقت ذاته، لا يلفت هينيجان انتباه القراء نحو أي مؤلف لكتب الأطفال ممن ينتمون إلى مثل هذه الشعوب الأصلية. فعلى سبيل المثال.. تُعتبر سلسلة «منزل بيرشبارك» *Birchbark House* الرائعة، والمستمرة حاليًّا لكاتبتها لويز إردريتش، رد فعل من وجهة نظر السكان الأصليين في أمريكا الشمالية على سلسلة «منزل صغير» *Little House* من تأليف لورا إنجلز وايلدر، المنشورة في أوائل القرن العشرين، وهي سلسلة تتضمن ذكريات خيالية في شكل روائي. وترسم إردريتش نمطًا لثقافة مكتملة تدرب الأطفال - بدءًا من سنوات عمرهم المبكرة - على خدمة الطبيعة ورعايتها.

ومما يُؤسف له أيضًا في كتاب «وحوش وقت النوم» استبعاد الكتابات اللاروائية، وبخاصة تلك الأعمال المصورة الجميلة المخصصة للأطفال، مثل كتاب «الكلمات المفقودة» *The Lost words* لروبرت ماكفارلين، وجاكي موريس، الذي نُشر

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

خلال العام الماضي. لقد كان الباعث على تأليف ذلك الكتاب هو – بشكل جزئي – إحدى الدراسات التي نُشرت في دورية «ساينس» *Science*، والتي تفيد بأن الأطفال يتعرفون على شخصيات البوكيمون بسهولة أكبر من تعرُّفهم على النباتات والحيوانات الحقيقية (A. Balmford *et al*. *Science* **295**, 2367; 2002). وتتصدى أشعار ماكفارلين ورسوم موريس لمثل هذا النقص في المعرفة بمساعدة الأطفال على التعرف على النباتات والحيوانات، بدءًا من شجرة البلوط، حتى طائر الصَّعْو. وفي الوقت ذاته، فإن كتاب «الحصاة في جيبي» *The Pebble In My Pocket* المنشور في عام 1996، وكتاب «القطرة في شرابي» *The Drop In My Drink* ، المنشور في عام 1998 لميريديث هووبر، وكريس كودي قد جعلا من علم الأرض، والدورة المائية مسائل سهلة الفهم بالنسبة إلى القراء حديثي السن. حقيقة الأمر.. يصعُب على المرء تخيل كتبًا أكثر ملاءمةً لموضوع كتاب هينيجان «وحوش وقت النوم» من الكتب المذكورة آنفًا.

وبالرغم من تلك الإخفاقات المخيبة للآمال، فقد أحسن هينيجان توظيف اثنين من الأعمال الكلاسيكية، حيث إنه استخدم قراءات دقيقة لروايتَي «الأمير الصغير» *The Little Prince*، المنشورة في عام 1943 لأنطوان دو سانت-إكزوبيري، و«اللوراكس» *The Lorax*، المنشورة في عام 1971، من تأليف د. سوس (وهو الاسم الأدبي للكاتب ثيودور جيزل)، وذلك لاقتراح مقارَبات مختلفة تجاه الوعي بضرورة حماية البيئة من جانب الأطفال في يومنا الحاضر.

ويَعتبِر هينيجان رواية «الأمير الصغير» بمثابة "دليل كامل نحو فهْم مسئولياتنا في الاعتناء بالعالم". لقد كان سانْت إكزوبيري - وهو طيار شارَك في الحرب العالمية الثانية - ينظر إلى العالَم التقليدي للبالغين على أنه عالَم مُقام على حماقات بشرية مدمرة، ألا وهي أوهام السيطرة، والنرجسية، والتفكير الحسابي. ويرى هينيجان في العلاقة بين الأمير الصغير والثعلب ثقلًا موازنًا بالغ التأثير. فكما يقول الثعلب للأمير الصغير: "سوف تصبح مسؤولًا إلى الأبد عما قمت باستئناسه". وهكذا، يحدد هينيجان أحد أخلاقيات الالتزامات البشرية تجاه كوكب الأرض وسكانه من غير البشر.

وعلى النقيض من ذلك.. يفسر هينيجان رواية «اللوراكس» على أنها بيان مضاد، فهي دراسة حالة لكيفية سَيْر فكرة مناصَرة قضايا البيئة في اتجاه خاطئ، حيث يمثل اللوراكس شخصية "عالِم البيئة المغتر بنفسه، والمتبجح، والفاشل في نهاية المطاف ... وهو يمارس غطرسته على الوانسلر الجاهل بأمور البيئة، بل ويشوه سمعته، ويُشهِّر به".: يخفق اللوراكس في أن يعثر على قاسم مشترك بينه وبين حليف محتمَل في المحافظة على البيئة، ويخفق في إشراكه معه فكريًّا، أو وجدانيًّا.

يمثل ذلك النوع من الإشراك المزدوج منطلَقًا يمكن من خلاله لأدب الطفل أن يقوم بدور حاسم، حيث إن السرد القصصي له القدرة على بث روح التعاطف، وبناء المعرفة، وأيضًا القدرة على تنمية حب الاستطلاع والخيال. ومما لا شك فيه أن القراءة في الصغر لها أثر تأسيسي، ومن المفرح مشاهدة الناس يأخذونها على محمل الجد، بيد أن كتب الأطفال وحدها لا يمكنها إنقاذ البيئة الطبيعية، ولكنها يمكن أن تشعل فتيل الاهتمام، وأن تسهم في توصيل العلوم للأطفال، وأن تكشف عن استراتيجيات ذات وسائل مبَطَّنة، أو مباشرة، على حد سواء. ■

إس. إف. سعيد كاتب بريطاني في أدب الطفل. تشمل كتبه «مخلب فارجاك» *VarJak Paw*، و«العنقاء» *Phoenix*، وحسابه على موقع تويتر هو: @whatSFSaid

ملخصات كتب



صعود وسقوط الديناصورات

ستيف بروسات، دار نشر ويليام مورو (2018)

يصف عالِم الإحاثة ستيف بروسات أكثر من 15 نوعًا جديدًا من الفقاريات المتحجرة، ومنها الثيروبود طويل الأنف «بينوكيو رِكس» *Qianzhousaurus sinensis*. وفي هذا التأريخ المفعم بالحيوية وسرعة الإيقاع، يُقدِّم بروسات النتائج التي تمّ التوصّل إليها في مجال يشهد حاليًّا الكشف عن نوع جديد كل أسبوع في المتوسط، باعثًا الحياة في عهد الديناصورات، الذي امتد إلى 150 مليون عام. ويُعَد هذا الكتاب رواية لقصة علمية متعمقة، نخطو فيها مع هذه الكائنات منذ ظهورها في العصر الترياسي، وسيادتها في العصر الجوراسي، ثم زوالها المفاجئ في العصر الطباشيري، الذي لم ينج منه سوى الثيروبودات، التي تنحدر منها الطيور.



أسرار الخطم.. أنف الكلب المدهش

فرانك روسل (ترجمة ديان أوتلي)، مطبعة جامعة شيكاغو (2018)

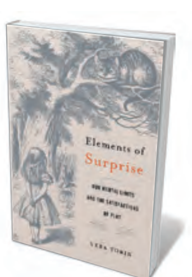
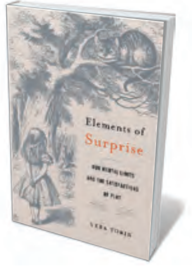
مع وجود ما يصل إلى 300 مليون خلية شَمّية لدى الكلاب، بالمقارنة بما يوجد لدينا من 5 ملايين خلية، تُعَد الكلاب مُجهَّزة بشكل مدهش لاستشعار المُركبات الهاربة التي تنبعث من كل شيء، بدءًا من الألغام المدفونة، وصولًا إلى سرطان القولون والمستقيم. في هذه الدراسة الشيّقة، يرشدنا فرانك روسل - أخصائي علم البيئة السلوكي - في رحلة نطلع فيها على بحوث مثيرة تتناول حاسة الشمّ لدى الكلاب من منظور علم السلوك، والفسيولوجيا، وعلم الأعصاب. ويستعرض روسل كذلك مآثر بعض كلاب الشمّ الشهيرة، مثل تاكر، وهو كلب مُبحِر من نوع اللابرادور، يُستخدَم في الأبحاث، ويكشف عن الحيتان القاتلة، عن طريق تحديد أماكن روثها، والكلبة آسكا المُدرَّبة على شمّ فيرمونات خنافس لحاء الراتنج، وهي إحدى الآفات الحشرية الكبرى.



الصفائح التكتونية تتحرك!

روي ليفرمور، مطبعة جامعة أكسفورد (2018)

في عام 1963، بدأت ثورة في علوم الأرض. وأرست فرضية ڤاين-ماثيوز (من بنات أفكار عالِمَي الجيولوجيا البحرية فريدريك ڤاين، ودرموند ماثيوز) الأساس للصفائح التكتونية، وهي مفتاح لألغاز متنوعة، مثل تكوين الجبال، ومواقع الزلازل. وجاء التوافق في هذا الشأن بطيئًا، كما توضح مخططات الجيوفيزيائي روي ليفرمور في هذا الكتاب الزاخر بالمعلومات، الموضّح في إطار ثري يستعرض سلسلة من الاكتشافات، بدءًا من ويليام جيلبرت (مؤلف أطروحة «دي ماجنت» *De Magnete* الصادرة في عام 1600)، وصولًا إلى ألفريد ڤيجنر، وكيوو واداتي، وكين بولين. ويُلقِي الكتاب كذلك الضوء على النقاشات الراهنة الكبرى، مثل ميكانيكا الاندساس.

عناصر المفاجأة

ڤيرا توبين، مطبعة جامعة هارفارد (2018)

يمكن للتطوّرات المفاجئة في حبكات الروايات أن تدفعنا بقوة لفهم المعاني العميقة للأدب القصصي، لكنْ كيف تفعل هذه التطوّرات ذلك؟ في هذه الدراسة العلمية، تحدِّد ڤيرا توبين - وهي أخصائية في العلوم المعرفية - بدقة الصفات النفسية المميزة التي تجعلنا سريعي التأثر بالأساليب الأدبية الصادمة، فتوضِّح الكاتبة - على سبيل المثال - كيف يُسخّر تشارلز ديكنز الانحياز المعرفي المعروف باسم «لعنة المعرفة» (وهو الاعتقاد بأن الآخرين يعرفون ما نعرف) إلى حدٍّ مذهل في روايته «الآمال الكبرى» *Great Expectations* (1861)، وكيف تُطَوِّرت تشارلوت برونتي حبكة روايتها «ڤيليت» *Villette* (1853) مرتين، من خلال البطلة الجامحة لوسي سنو، لتتركنا نتخبط في "حالة مربكة من عدم الاستقرار"، لا تختلف عن حالة سنو ذاتها.



السحابة الكبرى

كاميل سيمان، مطبعة برينستون أركيتكشترال (2018)

تفتح لنا لقطات المصوِّرة الفوتوغرافية كاميل سيمان لجبال الجليد - التي تظهر فيها كينونات تتآكل بفعل التغيّر المناخي - نافذة على الجليد القطبي الذي يختفي سريعًا (انظر: J.Hoffman *Nature* **492**, 40; 2012). وتلتفت سيمان في هذا الكتاب إلى ظاهرة تتلاشى بسرعة أكبر من هذه الجبال؛ وهي غيوم العواصف. تنقل لنا الكاتبة، التي تتجنب بحذر "سياحة الكوارث"، صورة للمواقع التي تضربها عواصف عاتية، بدءًا من السحب الخارقة، وصولًا إلى الأعاصير القمعية الصغيرة، في أنحاء ولايات داكوتا الجنوبية، وكانساس، ونبراسكا؛ ما يُعَد تسجيلًا للظواهر الجوية تحت ضغط المناخ المتغيّر، وإجلالًا لطبيعة لا يمكن ترويضها. **باربرا كايزر**

فيزياء

مقولات أينشتاين بين الصحة والزيف

مع إصدار المجلد الخامس عشر من الوثائق التي تخص الفيزيائي الشهير، يُغربل **آندرو روبنسون** المقولات المنسوبة إليه.

آندرو روبنسون

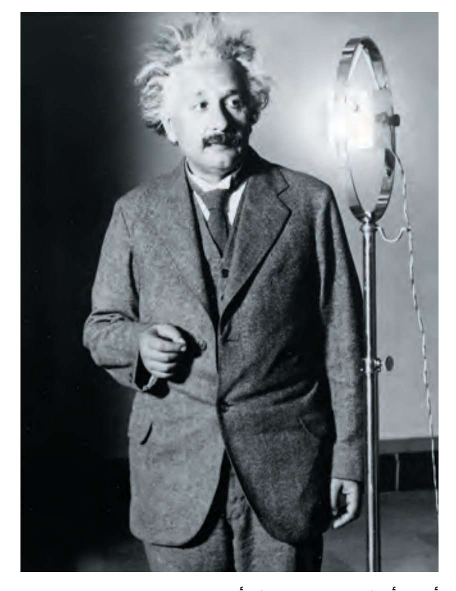
إلى جانب الإسهامات البارزة في علم الفيزياء، كان ألبرت أينشتاين حريصًا على إبداء رأيه في شؤون التعليم، والزواج، والمال، وماهيَّة العبقرية، وصناعة الموسيقى، والسياسة، وغير ذلك الكثير. وكانت آراؤه الثاقبة غزيرة، مثلما يشهد إصدار المجلد الخامس عشر من «أوراق ألبرت أينشتاين المُجمّعة» *The Collected Papers of Albert Einstein*. وحتى الموقع الإلكتروني لدائرة الإيرادات الداخلية الأمريكية يحتفي بكلماته (التي نقلها محاسِبه): "إنّ أعصَى شيء على الفهم في هذا العالم هو ضريبة الدخل".

وفي هذا الصدد، تقول أليس كالبريس، محررة كتاب «المطلق في أقوال أينشتاين» *The Ultimate Quotable Einstein* (2011)، بنبرة يشوبها شيء من اليأس: "يبدو أن هناك مَعينًا لا ينضب من أقوال أينشتاين، التي تصلح للاقتباس، بين سجلاته المحفوظة الضخمة". وفي الواقع، ربما يكون أينشتاين أكثر عالِم اقتُبِست أقواله على مرّ التاريخ، فموقع «ويكيكوت» Wikiquote، مثلًا، يحتوي على اقتباسات لأينشتاين أكثر بكثير من أرسطو، أو جاليليو جاليلي، أو إسحاق نيوتن، أو تشارلز داروين، أو ستيفن هوكينج، بل وأكثر من معاصريه المُعتَدِّين بآرائهم، مثل ونستون تشرشل، وجورج برنارد شو.

والسؤال الآن، كم عدد الاقتباسات التي تصح نسبتها إلى أينشتاين من هذا القدر الغزير؟ على سبيل المثال، مقولة "التنجيم علم قائم بذاته، ويتضمن مجموعة معارف تمنح استنارة. لقد تعلمتُ منه الكثير، وأنا مدين له إلى حد كبير"، التي نشرتها مواقع للتنجيم، ناسبةً إياها إلى أينشتاين، كشفت مجلة «سكيبتيكال إنكويرر» *Skeptical Inquirer* كذبها البَيِّن في عام 2007. فالمصدر الحقيقي للمقولة هو توطئة كتاب مُعاد إصداره، تحت عنوان «دليل التنجيم» *Manuel d'astrologie* (1965)، الذي نشره لأول مرة المُنجِّم السويسري الكندي فيرنر هيرسج في عام 1950. والتعليق الوحيد المعروف لأينشتاين على التنجيم هو ما ورد في خطاب أرسله في عام 1943 إلى يوجين سيمون:

> "أتفقُ معك تمامًا بخصوص العِلْم الزائف المسمَّى بالتنجيم. والأمر المثير للاهتمام أن هذا النوع من الخرافات مُحكَم لدرجة جعلته ما زال قائمًا لقرون عديدة".

ومن بين مئات الاقتباسات، التي تشير كالابريس إلى أنها منسوبة خطأً إلى أينشتاين، اقتباسات كثيرة محل جدل بشكل ما. فبعضها أُعيد تحريره أو صياغته؛ لإبراز الأصل، أو تنميقه. وفي هذا، تقول كالابريس إن مقولة "يجب تبسيط كل شيء قدر الإمكان، لكن دون إفراط" ربما لا تكون سوى نسخة مختصَرة لسطور من محاضرة ألقاها أينشتاين في عام 1993، حين قال: "لا يمكن إنكار أن الهدف الأسمى لكل النظريات هو تبسيط العناصر الأساسية غير القابلة للاختزال، وتقليلها قدر الإمكان، دون



ULLSTEN BILD VIA GETTY

ألبرت أينشتاين في كابوث بألمانيا في عام 1929.

الاضطرار إلى التنازل عن التمثيل الكافي لمعطًى واحد من معطيات التجربة". ومن الأمور التي نحن أكثر تأكّدًا منها هي مصدر مقولة: "إن أكثر شيء غير مفهوم عن الكون هو أنه قابل للفهم"؛ فهي إعادة صياغة لفقرة من مقال له في عام 1936 في دورية معهد فرانكلين، قال فيها: "يَكمُن الغموض الأبدي الذي يكتنف العالَم في القدرة على فهمه... فحقيقة أنه قابل للفهم معجزة".

وحتى مقولته «الله لا يلعب بالنرد»، التي يُقال إنها أشهر مقولاته، ليست مطابِقة لنص كلامه، بل مستنبَطة من خطاب كتبه باللغة الألمانية في ديسمبر من عام 1926 إلى صديقه ومُجادِله عالِم الفيزياء النظرية، ماكس بورن. وهذا الخطاب منشور في المجلد الجديد من أوراق أينشتاين، الذي يعلِّق فيه المحررون على "ترجماته المتنوعة" منذ عشرينيات القرن العشرين. فنص كلامه، وفقًا لترجمة هؤلاء المحررين (المترجَمة هنا إلى العربية) هو: "إنّ ميكانيكا الكم... تقدِّم لنا الكثير، لكنها لا تقربنا في الحقيقة من اكتشاف سر 'العجوز'. وأنا - على أي حال - مقتنع بأنه لا يلعب بالنرد". لم يَستخدِم أينشتاين لفظ "الله" (بالألمانية Gott)، لكنه استخدم كلمة "العجوز" (Der Alte). وتشير هذه الكلمة إلى "تجسيد للطبيعة"، على حد قول الفيزيائي الحائز على جائزة «نوبل» ليون ليدرمان، مؤلف كتاب «جسيم الله» *The God Particle* (1993).

أُلحِق اسم أينشتاين منذ وفاته باقتباسات لغيره، فعلى سبيل المثال، مقولة "الجنون هو أن تفعل الشيء نفسه مرارًا وتكرارًا، وتتوقع نتائج مختلفة" تتبَّعَتها أمينة محفوظات أينشتاين، باربرا وولف، ووجدتها في كتاب «الموت المفاجئ» *Sudden Death* (1983) للكاتبة الأمريكية ريتا ماي براون. ومقولة "ليس كل ما يُحصَى مهمًّا، وليس كل ما يُهِم قابلًا للإحصاء" هي مقولة كتبها عالِم الاجتماع ويليام بروس كاميرون في كتابه «علم الاجتماع غير الرسمي» *Informal Sociology* (1963).

يدلّ هذا الكمّ من الاقتباسات - الحقيقي منها، والمُحرَّف، والزائف - على مكانة أينشتاين. فبعد مرور أكثر من 60 عامًا على وفاته، لا تزال شهرته ذائعة. وفي رأيي، توجد أربعة أسباب على الأقل وراء استمرار وَلَعنا به.

أول هذه الأسباب هو أن اكتشافات أينشتاين جوهرية ووجودية، وتوحِّد مفاهيم المكان والزمان، والكتلة والطاقة، والقوى. وقد غيّرَتْ تصوُّرنا للواقع. كما أبلى أينشتاين بلاءً حسنًا في محاولة توضيحها لغير الفيزيائيين، ومثال ذلك، تبسيطه المشوب بالمزاح لنظرية النسبية في حديثه مع الصحافة المتعطشة للمعلومات في عام 1921، في أول زيارة له إلى الولايات المتحدة، إذ قال: "كان يُعتقَد في السابق أنه إذا اختفت كل الأشياء المادية من الكون، فسيبقى المكان والزمان، لكنْ وفقًا لنظرية النسبية، يختفي الزمان والمكان مع الأشياء".

ثمة تعاطف كبير أيضًا مع مثابرة أينشتاين في مسيرة كفاحه الطويلة في سبيل التمتع بالأمان. فقد كان أداؤه في مدرسته الألمانية جيدًا، لكنه لم يكن عبقريًّا؛ فكان يكره المدرسة، بسبب نظامها الصارم، وقرر تركها في نهاية المطاف. وفشل في الحصول على وظيفة أكاديمية بعد التخرج من الجامعة، وذلك لأسباب، منها أنه سَخِر ممن درّسوه الفيزياء. وفي عام 1901، على الرغم من اقترابه من حافة الجوع، فقد أدرك قيمة عدم الامتثال، فكتب إلى خطيبته قائلًا إن "الصفاقة" هي "الملاك الحارس" له، وصار ذلك مبدأه طوال حياته.

كان لأينشتاين كذلك مشاركات سياسية واجتماعية كثيرة، كما كان غالبًا محطًّا للأنظار. فقد دعم إنشاء وطن لليهود في فلسطين، وساعد على إنشاء الجامعة العبرية في القدس، وفي عام 1952 عُرِضت عليه رئاسة إسرائيل، إلا أنه كتب في خطاب له في عام 1938: "إن إدراكي للطبيعة الجوهرية لليهودية يرفض فكرة إقامة دولة يهودية ذات حدود، وجيش، وقَدْر من السلطة الدنيوية". وفي عام 1933، عارض علنًا ألمانيا النازية، وهرب إلى الولايات المتحدة، عن طريق بريطانيا؛ خشية الاغتيال. ورغم تشجيعه للرئيس الأمريكي فرانكلين روزفلت على تصنيع قنبلة ذرية في عام 1939، فقد أفزعه استخدامها في عام 1945 في اليابان. وصرّح أينشتاين كذلك بمناهضته للتمييز العنصري والعرقي في الولايات المتحدة. وفي خمسينيات القرن العشرين، وجّه انتقادات لاذعة للقنبلة الهيدروجينية، والمذهب المكارثي. وحتى وفاته في عام 1955، كان مدير مكتب التحقيقات الفيدرالية جيه. إيدجار هوفر يستهدف ترحيله، بوصفه عميلًا سوفيتيًّا.

وأخيرًا، تمتع أينشتاين بخفة ظل فائقة الوصف، تجسدت في مقولته المأثورة التي كتبها لأحد أصدقائه في عام 1930 (وهي مقولة حقيقية؛ تحققتُ منها في أرشيف أينشتاين في القدس): "لمعاقبتي على ازدرائي المرجعية، شاء القدر أن يجعلني أنا نفسي مرجعًا". ■

آندرو روبنسون مؤلف كتاب «أينشتاين: مائة عام من النسبية» *Einstein: A Hundred Years of Relativity*.
البريد الإلكتروني: andrew@andrew-robinson.org

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أبحـــاث

علم الأحياء الدقيقة

قتل الخلايا البكتيرية الصامدة

قد تكون حالات العدوى المزمنة صعبة العلاج، نتيجة لعدم تأثر البكتيريا بطيئة النمو المعروفة باسم الخلايا الصامدة بالمضادات الحيوية عادة؛ المشكلة التي قد يكون حلها التعرف على جزيئات تستهدف هذه الخلايا.

جوليان جي. هيردل، وأديتي ديشباندي

قد يبوء استخدام المضادات الحيوية لعلاج العدوى بالفشل عندما تتفادى البكتيريا هذه العقاقير، من خلال التغيّرات الجينية التي تمنحها مقاوَمة للمضادات الحيوية. ويمكن للبكتيريا المسبِّبة للأمراض أيضًا أن تتجنب الهلاك بفعل المضادات الحيوية بطريقة أخرى؛ وهي دخول بعض الخلايا البكتيرية في حالة خمول أو سبات استقلابي؛ لتصبح خلايا صامدة، وهي الخلايا التي تنمو ببطء، أو لا تنمو مطلقًا. وقد اكتُشِفت غالبية المضادات الحيوية في تجارب اختبَرت قدرة المركّبات على تثبيط النمو البكتيري، وعليه، تكون – على الأرجح – غير فعّالة في معالجة الخلايا البكتيرية الصامدة غير النامية[1]، لكنّ كيم وزملاءه[2] أشاروا مؤخرًا في بحثهم المنشور في دورية *Nature* إلى اكتشاف جزيئات صغيرة يمكن أن تقتل الخلايا الصامدة.

الخلايا الصامدة هي مصدر العديد من حالات العدوى البكتيرية المتكررة التي تؤثر على الناس، مثل الحالات المرتبطة بالأجهزة الطبية المزروعة، كعدوى التهاب الشِّغاف، وكذلك عدوى الرئة، التي يمكن أن تنشأ في التليّف الكيسي[1،3]. وعلاج مثل هذه الحالات من العدوى المزمنة قد يتطلب جراحة، ما يشكّل عبئًا صحيًّا إضافيًّا على المرضى. وتزيد أي فترات علاج ممتدة ضرورية بالمضادات الحيوية من إمكانية تطوير البكتيريا للمقاوَمة. هكذا، فثمة حاجة ملحّة[4] إلى تطوير علاجات لقتل الخلايا الصامدة، خاصةً لاستهداف الخلايا الصامدة التي تنشأ في حالات العدوى بسلالات بكتيريا المكورات العنقودية الذهبية (*Staphylococcus aureus*) "الخارقة" المقاوِمة للميثيسيلين، التي تقاوم العديد من المضادات الحيوية الشائعة، إذ ترتبط العدوى بهذه البكتيريا بالمرض والوفاة، خاصةً بين الأشخاص المصابين بحالات العدوى الغزوية[5].

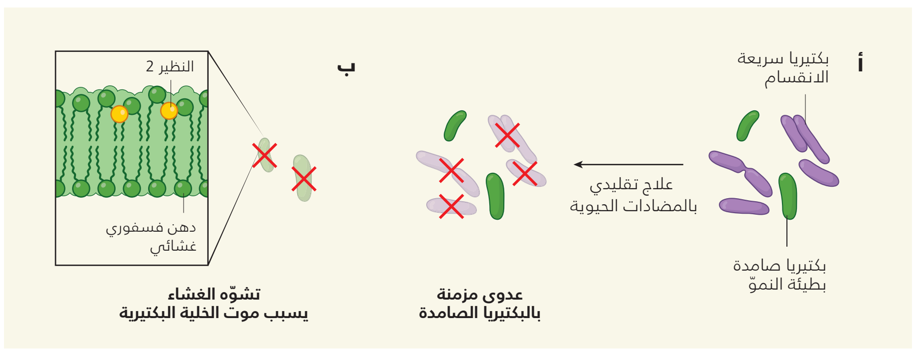
قرر كيم وزملاؤه البحث عن جزيئات يمكنها تأمين الوقاية من عدوى المكورات العنقودية الذهبية المقاوِمة للميثيسيلين، باستخدام دودة الربداء الرشيقة الأسطوانية *Caenorhabditis elegans*، كنظام نموذجي. وباتّباع نهج عالي الإنتاجية، اختبر الباحثون قدرة حوالي 82 ألف جزيء اصطناعي صغير على حماية الديدان من الموت الذي تتسبب فيه العدوى بالمكورات العنقودية الذهبية المقاوِمة للميثيسيلين. ومن بين المركّبات البالغ عددها 185 مركّبًا، التي مَنَحت الديدان الحماية، ركز الباحثون على جزيئين، هما: CD437، وCD1530، اللذين يقتلان خلايا المكورات العنقودية الذهبية المقاوِمة للميثيسيلين بسرعة، ويمكنهما أيضًا استهداف المكورات المعوية البرازية *Enterococcus faecium*، وهي بكتيريا مرتبطة بالتهاب الشِّغاف. ولسوء الحظ، لم يكن لهذه المركّبات أي تأثير على البكتيريا سالبة الجرام - وهي مجموعة تشمل الإشريكية القولونية *Escherichia coli* - التي توجد حاجة ماسة إلى خيارات علاجية جديدة لها، لأنّ في استطاعتها هي الأخرى تكوين بكتيريا خارقة مقاوِمة للمضادات الحيوية.

ينتمي الجزيئان CD437، وCD1530 إلى فئة من الجزيئات تُعرَف باسم الرتينويدات، التي تشبه فيتامين أ من حيث البِنية. ومنذ ستينيات القرن الماضي، طُوِّرت الرتينويدات لعلاج حالات مختلفة، من ضمنها حَبّ الشباب[6]. وهكذا أدى التعديل التخليقي اللاحق للرتينويدات إلى توليد مشتقات توجد غالبًا في المكتبات الكيميائية المستخدَمة في اكتشاف العقاقير.

وخلص الباحثون إلى أن القتل الفوري لخلايا المكورات العنقودية الذهبية المقاوِمة للميثيسيلين حدث عندما شوّه جزيئا الرتينويد بِنية الطبقة الثنائية الدهنية في الغشاء البكتيري. أجرى كيم وزملاؤه بعد ذلك دراسات بالمجهر الإلكتروني، كشفت عن أن العلاج بالرتينويدات سبَّب انحناءً وطيًّا في الغشاء البكتيري، لكنه لم يتسبب في تخريبه.

الغشاء البكتيري هو حاجز نفاذ ضروري للعديد من الوظائف الخلوية[1]، ويحتوي على بروتينات مهمة للتحكم في امتصاص المغذيات، وإطلاق النفايات، وإنتاج الطاقة في صورة جزيئات الأدينوزين ثلاثي الفوسفات. وبتشويه هذا الغشاء، قد تؤثر جزيئات الرتينويد على إدخال المواد المذابة وإخراجها، بالإضافة إلى العديد من الوظائف الخلوية الأساسية التي تعتمد على سلامة الغشاء، لكنْ ليس من المضمون أن ينجح نمط لتأثير مضاد للبكتريا - ينطوي ببساطة على مهاجمة الغشاء البكتيري – في قتل الخلايا الصامدة، فعلى سبيل المثال، ذكر الباحثون أن المضادين الحيويين "نيجريسين"، و"فالينومايسين"، اللذين يستهدفان الغشاء، لا يقتلان خلايا المكورات العنقودية الذهبية المقاوِمة للميثيسيلين الصامدة.

ومن خلال عمليات محاكاة حاسوبية، استكشف



الشكل 1 | مركّب رتينويدي يدمّر الخلايا البكتيرية الصامدة. (أ) تتألف عادةً المجموعات البكتيرية من خلايا سريعة الانقسام، وخلايا بطيئة النمو، تُعرَف باسم الخلايا الصامدة. وعند معالجة البكتيريا بالمضادات الحيوية التقليدية، يُقضَى على الخلايا سريعة الانقسام، لكن الخلايا الصامدة تستطيع البقاء، متسببةً في عدوى مزمنة. (ب) أشار كيم وزملاؤه[2] إلى مركّب رتينويد، يُسمَّى "النظير 2"، تمّ تحسينه لاستهداف البكتيريا الصامدة. وفي نموذج فأر للعدوى البكتيرية، وجد الباحثون أن "النظير 2" يمكنه القضاء على الخلايا الصامدة. وكشف الفحص بالمجهر الإلكتروني والنمذجة الحاسوبية أن "النظير 2" يرتبط - على الأرجح - بجزيئات الدهن الفسفوري في الغشاء البكتيري، مسببًا تشوّه الغشاء؛ ما قد يساعد على قتل البكتيريا.

الباحثون كيف يمكن أن تتفاعل جزيئات الرتينويد مع الغشاء البكتيري، وتوصلوا إلى أن المجموعات الجانبية القطبية من جزيئي CD437، وCD1530 يمكنها الارتباط برؤوس الدهون الفسفورية المُحِبّة للماء في الغشاء، ما يسمح لجزيئات الرتينويد بالاستقرار في الطبقة الثنائية الدهنية في البكتيريا. وتُعَد عمليات المحاكاة هذه أداة فعّالة، يمكن استخدامها لتوجيه الاستفادة المثلى من المضادات الحيوية التي يمكنها مهاجمة الطبقة الثنائية الدهنية بالأغشية البكتيرية انتقائيًّا، دون الإخلال بنظيراتها الثديية، والتسبب في تسمم المرضى.

يتمثّل أحد الشواغل الرئيسة في كيفية تحسين الجزيئات الصغيرة، مثل الرتينويدات، لتصبح هذه الانتقائية أمرًا ممكنًا. وعلى الرغم من أن الباحثين وجدوا أن جزيئَي CD437، وCD1530 لم يدمرا الأغشية الدهنية لخلايا الدم الحمراء البشرية، فقد تمكّنا من قتل خلايا سرطان الكبد البشرية المزروعة في المختبر، ما يتفق مع خصائص الرتينويدات المضادة للسرطان، التي سبقت الإشارة إليها[6].

أنتج الباحثون متغيرات بنيوية للجزيء CD437، ما أدى إلى ظهور مُركّب، أطلقوا عليه اسم "النظير 2". ولم يقتل هذا المُركّب خلايا كبد بشرية طبيعية أو سرطانية زُرِعت في المختبر، لكنه احتفظ بالقدرة على قتل خلايا المكورات العنقودية الذهبية المقاومة للميثيسيلين الصامدة (الشكل 1). وفي التجارب التي أُجريت على الفئران، ظل "النظير 2" يدور في أجسام الحيوانات لعدة ساعات بتركيزات عالية بما يكفي لقتل خلايا المكورات العنقودية الذهبية المقاوِمة للميثيسيلين الصامدة، لكنه لم يؤد إلى ظهور علامات السُمّية، مثل تلف الكبد أو الكلى. ومن اللافت للنظر أن الباحثين أظهروا أنه في الفئران يمكن للنظير 2 مهاجمة ما يُعتبَر بشكل عام شكلًا مقاوِمًا للعلاج من المكورات العنقودية الذهبية المقاوِمة للميثيسيلين. يحاكي هذا النموذج الحيواني العدوى المزمنة بهذه المكورات العنقودية لدى الأشخاص ضعيفي المناعة ممن يكون توقُّع سير مرضهم سيئًا عند علاجهم بالمضادات الحيوية التقليدية، مثل الفانكومايسين، بسبب وجود عدد كبير من خلايا المكورات العنقودية الذهبية المقاوِمة للميثيسيلين الصامدة"[7،4].

"تدخل بعض الخلايا البكتيرية في حالة خمول أو سبات استقلابي، لتصبح خلايا صامدة".

وجد الباحثون أن تأثيرات "النظير 2" على حالات العدوى البكتيرية يمكن تعزيزها بوجود المضاد الحيوي جنتامايسين، وهو مثبط لتخليق البروتين البكتيري، يفتقر إلى النشاط ضد الخلايا الصامدة. وسيكون من المثير للاهتمام تحديد ما إذا كانت خلايا المكورات العنقودية الذهبية المقاوِمة للميثيسيلين الصامدة ستستجيب للرتينويدات، أم لا، عن طريق إعادة تنشيط الاستقلاب الخلوي فيها، ومن ثم تسهيل قتلها باستخدام أدوية معينة، مثل "الجنتامايسين"، الذي لن يكون فعّالًا لولا هذه الطريقة.

قد تكون جزيئات، مثل "النظير 2"، مناسِبة للعقاقير التي تقلل الوقت اللازم لعلاج حالات العدوى المزمنة التي تتميز بأعداد مرتفعة من البكتيريا الخاملة بشكل فعّال. وفي عصر يواجِه فيه تطوير المضادات الحيوية تحدي مواكبة انتشار البكتيريا المقاوِمة، قد يساعد تحديد مركبات معينة - مثل "النظير 2" - الباحثين على تحقيق انتصارات في الصراع الطويل الذي يخوضونه ضد الأمراض البكتيرية المعدية. ■

جوليان جي. هيردل، و**أديتي ديشباندي** يعملان في مركز الأمراض المعدية والالتهابية بمعهد العلوم الحيوية والتكنولوجيا، مركز تكساس إيه آند إم لعلوم الصحة، هيوستون، تكساس 77030، الولايات المتحدة الأمريكية.

البريد الإلكتروني: jhurdle@ibt.tamhsc.edu; adeshpande@medicine.tamhsc.edu

1. Hurdle, J. G., O'Neill, A. J., Chopra, I. & Lee, R. E. *Nature Rev. Microbiol.* **9,** 62–75 (2011).
2. Kim, W. *et al. Nature* **556,** 103–107 (2018).
3. Costerton, J. W., Stewart, P. S. & Greenberg, E. P. *Science* **284,** 1318–1322 (1999).
4. Lewis, K. *Nature Rev. Microbiol.* **5,** 48–56 (2007).
5. Dantes, R. *et al. JAMA Int. Med.* **173,** 1970–1978 (2013).
6. Álvarez, R., Vaz, B., Gronemeyer, H. & de Lera, Á. R. *Chem. Rev.* **114,** 1–125 (2014).
7. Conlon, B. P. *et al. Nature* **503,** 365–370 (2013).

فيزياء الجسيمات

قياس الشحنة الضعيفة للبروتون

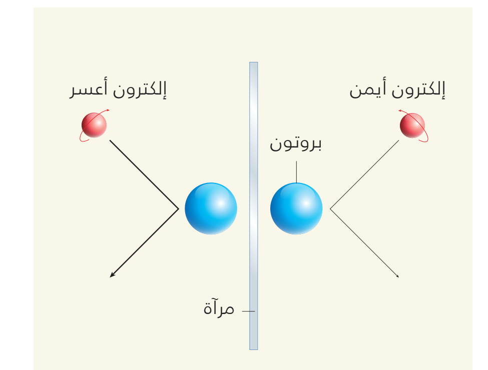
تُحدد شحنة البروتون الضعيفة قوة تفاعلات معينة بين البروتونات والجسيمات الأخرى. إن التحديد الدقيق لتلك الكمية يُعد اختبارًا صارمًا للنموذج القياسي لفيزياء الجسيمات.

زياوتشاو تشنج

إن الجسيمات دون الذرية تتفاعل من خلال أربع قوى أساسية. ومع ذلك.. فإن اثنتين فقط من هذه القوى لهما تأثير على المقياس العياني، فالجاذبية تُبقينا على ظهر الأرض، والكهرومغناطيسية تُسبِّب البرق في الأيام العاصفة، ولكننا لا نتأثر مباشرّة بالقوتين الأخريين، الضعيفة، والقوية. وبالمثل، فمن المعروف عمومًا أن الكتلة تُعتبر سببًا جذريًّا لتفاعلات الجاذبية، وأن الشحنات الكهربائية والعزوم المغناطيسية هي محور الكهرومغناطيسية. إلا أن الخصائص الفيزيائية التي تصف قوة التفاعلات الضعيفة والقوية، والتي تُعرف بالشحنات الضعيفة واللونية، على التوالي، ليست مألوفة بالقدر ذاته. وفي بحث نشر في دورية *Nature* في مايو الماضي، أعلنت مجموعة التعاون Q_{weak} التابعة لمختبر جيفرسون[1] عن أول عملية قياس عالية الدقة للشحنة الضعيفة للبروتون، وهو ما يضع قيودًا محكمة على الظواهر الفيزيائية التي لا يمكن وصفها من خلال النظريات الحالية.

إنّ القوة النووية القوية هائلة إلى الحد الذي يجعل الجُسيمات التي تتفاعل من خلالها، والمعروفة بالكواركات والجلوونات، مترابطة بإحكام مع بعضها البعض، وموجودة فقط على هيئة أجسام مُركّبة، مثل البروتونات، والنيوترونات. وعلى النقيض من ذلك.. نجد القوة النووية الضعيفة واهنة للغاية إلى الحد الذي يجعل تفاعلاتها محجوبة بشكل شبه كامل بالتفاعلات الكهرومغناطيسية. ولذلك.. قد يتساءل المرء: كيف يُمكن قياس الشحنة الضعيفة لأحد الجسيمات، إذا كانت هذه الشحنة ضئيلة بالقدر الذي يلمح إليه اسمها؟ من حسن الحظ أن الطبيعة توفر مقياسًا مناسبًا، يرتبط بمبدأ يُعرف بتماثل التكافؤ Parity Symmetry.

يمكننا القول إن عمليةً ما يمكن أن تحافظ على مبدأ تماثل التكافؤ، إذا كانت تحدث بالاحتمال نفسه لحدوث صورتها المطابقة لها، كانعكاس في مرآة. من السهل أن نلاحظ أن مبدأ تماثُل التكافؤ يتم خرقه في العالم العياني، لا سيما في النظم البيولوجية. فعلى سبيل المثال.. أغلب البشر أيامن (أي يعتمدون أكثر على اليد اليمنى)، فلو كان مبدأ تماثل التكافؤ محفوظًا بالنسبة إلى استخدام الأيدي عند البشر؛ لكان نصف البشر من الأيامن، ونصفهم الآخر من العُسْر.



شكل 1 | انتهاك التكافؤ في التشتت الإلكتروني البروتوني. الإلكترونات يمكنها أن تكون إما عسراء، أو يُمنى، اعتمادًا على الاتجاه الذي تدور فيه (الأسهم الحمراء) بالنسبة إلى حركتها (الأسهم السوداء). لقد أظهرت مجموعة التعاون Qweak التابعة لمختبر جيفرسون[1] أن الإلكترونات العسراء لديها احتمال أعلى بشكل طفيف لأنْ تشتت من على هدف بروتوني، وذلك مقارنةً بالإلكترونات اليُمنى. وهذه النتيجة تنتهك مبدأً يُعرف باسم تماثل التكافؤ Parity Symmetry، وذلك لأن عمليتي التشتت هما صورتان لبعضهما البعض كانعكاس في مرآة. وقد استخدم المؤلفون عدم التماثل المُقاس لتحديد قيمة كمية فيزيائية أساسية تُعرَف بالشحنة الضعيفة للبروتون، وذلك بمستوى غير مسبوق من الدقة.

إن الجسيمات أيضًا لها خاصية تشبه الاعتماد على الأيادي، حيث إن الجسيم الأيمن يدور في الاتجاه الذي تُحدده لفة أصابعك الأربع عندما تُشير بإبهامك الأيمن إلى اتجاه سرعة الجسيم. وعلى العكس من ذلك.. يكون الجسيم أعسر، إذا استلزم الأمر أن تَستخدِم يدك اليسرى، لتربط بين اتجاهي دورانه وسرعته. ومن اللافت للنظر أن كل الجسيمات دون الذّرية تنتهك مبدأ تماثل التكافؤ عندما

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تتفاعل مع بعضها البعض، من خلال القوة الضعيفة. وبالتالي، يمكن تحديد الشحنات الضعيفة، عن طريق مقارنة سلوك النُّسخ اليمنى والعسراء للجسيمات.

ولاستخراج الشحنة الضعيفة للبروتون، قامت مجموعة التعاون Q_{weak} بإطلاق حزَم من الإلكترونات التي لديها خاصية يدوية معينة باتجاه هدف بروتوني، وقاموا بقياس عدم التماثل الذي يصف الاختلاف في احتمال تشتت الإلكترونات اليمنى والعسراء من على البروتون (شكل 1). وجد المؤلفون عدم تماثل مقداره –226.5 ± 9.3 جزء من المليار، حيث إن علامة السالب تشير إلى أن الإلكترونات العسراء أكثر ترجيحًا أنْ تتشتت من الإلكترونات اليُمنى. ولاستيعاب مقدار عدم التماثل المذكور، فلنتخيل أنه إذا انتُهك مبدأ تماثل التكافؤ بالنسبة إلى ارتفاع الجبال، فإن جبل إيفرست وتوأمه المعكوس كصورة في مرآة سيكونان مختلفَين في الارتفاع بمقدار ملِّيمترين فقط، وكان من الممكن قياس هذا الفرق بدقة تعادل ±80 مايكرومتر.

إنّ النتائج التي حصل عليها المؤلفون تتميز بدقة أعلى من كل التجارب السابقة التي درست انتهاك مبدأ التكافؤ عن طريق تشتيت الإلكترونات من على هدف نووي. لقد تضمنت التجربة E158، التي أُجريت في المختبر الوطني للمسرعات "SLAC" في مينلو بارك بكاليفورنيا، مستوًى مماثلًا من حيث الدقة، ولكنها أجريت لقياس الشحنة الضعيفة للإلكترون، وليس البروتون.[2] وقد قامت مجموعة التعاون Q_{weak} باستخدام عدم التماثل المُقاس للوصول إلى أن شحنة البروتون مقدارها 0.0719 ± 0.0045، وهذا يتفق بامتياز مع القيمة المُتنبأ بها بواسطة النموذج القياسي لفيزياء الجُسيمات.[3] وعلى سبيل المُقارنة، ووفقًا للمنهجية التي قام المؤلفون باستخدامها، فإن الشحنة الكهربية للبروتون هي +1.

وقد يتساءل المرء: لماذا يرغب الفيزيائيون في قياس الشحنة الضعيفة للبروتون بتلك الدقة العالية؟ الإجابة المختصرة هي: لاختبار حدود معرفتنا. بشكل أساسي، يسعى الفيزيائيون لاكتشاف ما إذا كانت النظريات الحالية تفشل في تفسير بيانات الرصد، أم لا، وعند أي مقياس طول يحدث هذا. إنّ هذا الفشل قد يدل على وجود قوة أساسية خامسة، أي نوع من التفاعل لم يُكشف عنه مسبقًا، ويلعب دورًا عند مستويات للطاقة أعلى مما تم استكشافه حتى الآن.

إنّ القياس الذي ذكرته مجموعة التعاون Q_{weak} يبين أن مثل هذه التفاعلات - إنْ وُجدت - سوف تكشف عن نفسها عند مستويات لطاقة الجسيمات، تتجاوز عدة وحدات تيرا إلكترون فولت (1 تيرا إلكترون فولت يساوي 1210 إلكترون فولت). ولأغراض المقارنة، فإن الطاقة التي يتم إطلاقها في مفاعلات الانشطار النووي، حيث تنقسم النواة إلى شظيتين أو أكثر، تصل إلى مستوى 610 إلكترون فولت لكل جسيم. إنّ الحد الأدنى الخاص بالمؤلفين لمقياس الطاقة للفيزياء الجديدة يُقارب - وأيضًا يُكَمِّل - الحد الأدنى الذي تم وضعه بواسطة تجارب أُجريت في مصادم الهدرونات الكبير بالمنظمة الأوروبية للأبحاث النووية "سيرن" CERN، وهو مختبر أوروبا لفيزياء الجسيمات الواقع بالقرب من جنيف في سويسرا.[4,5] إنّ هذا أمر مهم بالنظر إلى أن طاقة حزَم الإلكترونات الخاصة بالمؤلفين أقل بآلاف المرات من طاقة حزَم البروتونات الخاصة بمصادم الهدرونات الكبير.

قبل أكثر من قرن، تم إثبات أن الشحنة الكهربية توجد على هيئة قِطَع غير مترابطة[6]، وهو ما وفر جسرًا بين الكهرومغناطيسية الكلاسيكية، وميكانيكا الكَمّ الحديثة. وعن طريق قياس الكميات (بدءًا من الثوابت الفيزيائية، حتى خواص الجسيمات، مثل شحنة البروتون الضعيفة)، بدقة متزايدة، يمكن اكتشاف تفاعلات وجسيمات جديدة، الأمر الذي يتطلب مراجعة للنظريات الحالية. إنّ تلك المساعي النبيلة لا يمكن لها أن تستمر، إلا إذا تم إجراء البحوث من خلال مجموعات عمل متعددة، وعبر عدة أجيال، وليس مجموعات عمل منفردة تعمل في ظروف منعزلة. في يومٍ ما، قد تؤدي المعرفة المكتسَبة إلى اكتشافٍ غير مسبوق. وفي الوقت نفسه، نلحظ أنّ شيئًا مثل هذا سوف يجعل عالمنا مكانًا أفضل، من خلال التوصل إلى فهْم أعمق للقوانين الفيزيائية الخاصة بالطبيعة. ■

يعمل **زياوتشاو تشنج** في قسم الفيزياء بجامعة فيرجينيا في تشارلوتسفيل، فيرجينيا 22904، الولايات المتحدة.
البريد الإلكتروني: xz5y@virginia.edu

1. The Jefferson Lab Q_{weak} Collaboration. *Nature* **557**, 207–211 (2018).
2. SLAC E158 Collaboration. *Phys. Rev. Lett.* **95**, 081601 (2005).
3. Patrignani, C. *et al.* (Particle Data Group). *Chin. Phys. C* **40**, 100001 (2016).
4. ATLAS Collaboration. *Eur. Phys. J. C* **74**, 3134 (2014).
5. CMS Collaboration. *Phys. Lett. B* **746**, 79–99 (2015).
6. Millikan, R. A. *Phys. Rev.* **2**, 109–143 (1913).

التطور

اكتشاف أساس فيروسات الحمض النووي الريبي

إن تاريخ تطوّر الفيروسات غير معروف إلى حد كبير، لكنْ أظهر اكتشاف واسع النطاق لفيروسات الحمض النووي الريبي في الفقاريات أنه رغم تنقّل الفيروسات عادةً بين العوائل، فإن معظمها تطوَّر بالتزامن مع عوائلها على مدار ملايين السنين.

مارك زيلر، وكريستيان جي. آندرسون

إنّ كثيرًا من الأمراض التي تصيب الإنسان، بدءًا من نزلات البرد، وصولًا إلى الحُميّات النزفية المميتة، تسببها فيروسات الحمض النووي الريبي. ويُعتقَد أن غالبية هذه الفيروسات قد نشأت أصلًا من فيروسات ذات صلة، أصابت الثدييات[1,2]. ولذلك، فقد ركَّزت غالبية دراسات اكتشاف الفيروسات على الثدييات والطيور[3]، إلا أن فيروسات الحمض النووي الريبي هي - على الأرجح - أقدم من آخِر سلف مشترك للكائنات الحية على كوكب الأرض[4,5]. وعليه، ثمة حاجة ماسّة إلى معلومات جينية مُفصَّلة عن فيروسات الحمض النووي الريبي من أصناف فقارية أخرى، إذا كنا نريد الوصول إلى فَهْم كامل لتطوّر الفيروسات على المدى الطويل. يعلن شِي وزملاؤه[6] في بحثهم المنشور في دورية *Nature* عن اكتشافهم لفيروسات حمض نووي ريبي بالفقاريات، لم يسبق التعرف عليها، وترجع إلى أزمنة تطورية مختلفة.

حلَّل مؤلفو هذا البحث الفيروسات في 186 نوعًا من الفقاريات، باستخدام نهج يُسمَّى تعيين التسلسل الميتاترانسكريبتومي، وهو النهج الذي يُعيّن فيه تسلسل كل الحمض النووي الريبي في العينة الواحدة. وقد أخذ الباحثون العينات من أنواع من الأسماك والبرمائيات والزواحف، أي من كل صنف من الفقاريات، عدا الثدييات والطيور. وفي هذه العينات، اكتشف شي وزملاؤه عددًا إجماليًّا من الفيروسات، بلغ 214 فيروسًا، وهو ما يَزيد كثيرًا عن عدد فيروسات الحمض النووي الريبي المعروفة في كل صنف من الفقاريات. فعلى سبيل المثال، تعرَّف الباحثون على أكثر من 20 فيروس حمض نووي ريبي يصيب البرمائيات، في حين أنه لم يكن معروفًا سوى القليل منها فيما سبق[7-9].

كَشَفَ التحليل كذلك عن مستوى مدهش من التنوع الحيوي؛ إذ تعرَّف الباحثون على فيروسات لم تسبق معرفتها في كل فصيلة تقريبًا من فيروسات الحمض النووي الريبي، المعروف عنها إصابتها للثدييات. وتشمل هذه الفيروسات فيروسات عالية الإمراض للبشر، مثل فيروس الإنفلونزا، والفيروسات الرملية، والفيروسات الخيطية، التي لم يسبق تسجيل أي إصابات للأسماك أو البرمائيات بها.

استخدم شي وزملاؤه هذه المعلومة لإنشاء أشجار لتطور السلالات، تصف العلاقات التطورية بين الفيروسات. ووجدوا أن تطورات سلالات فيروسات الحمض النووي الريبي تشابهت - بوجه عام - مع تطورات السلالات في العوائل الفقارية لها. يوضح ذلك أن فيروسات الحمض النووي الريبي قد اتبعت مسارًا تطوريًّا مشابهًا للفقاريات، وأنها تطوّرت مع تطوّر عوائلها على مدار ملايين السنين (الشكل 1). لقد بدأ تطوُّر الفقاريات قبل أكثر من 500 مليون سنة، وانقسمت الكائنات الفقارية بعد ذلك إلى عدة أصناف من الأسماك، وتلا ذلك تطوُّر البرمائيات التي انتقلت للعيش على اليابسة (http://www.onezoom.org). يشير اكتشاف الباحثين إلى أن فيروسات الحمض النووي الريبي في الثدييات ربما نشأت من الفيروسات التي أصابت الأسماك، ثم تَبِعَت الفقاريات في انتقالها إلى اليابسة.

أوضح الباحثون أيضًا أن بعض الفيروسات بإمكانه إصابة عدة عوائل، ما يشير إلى أن الفيروسات قد تنقّلت فيما بين

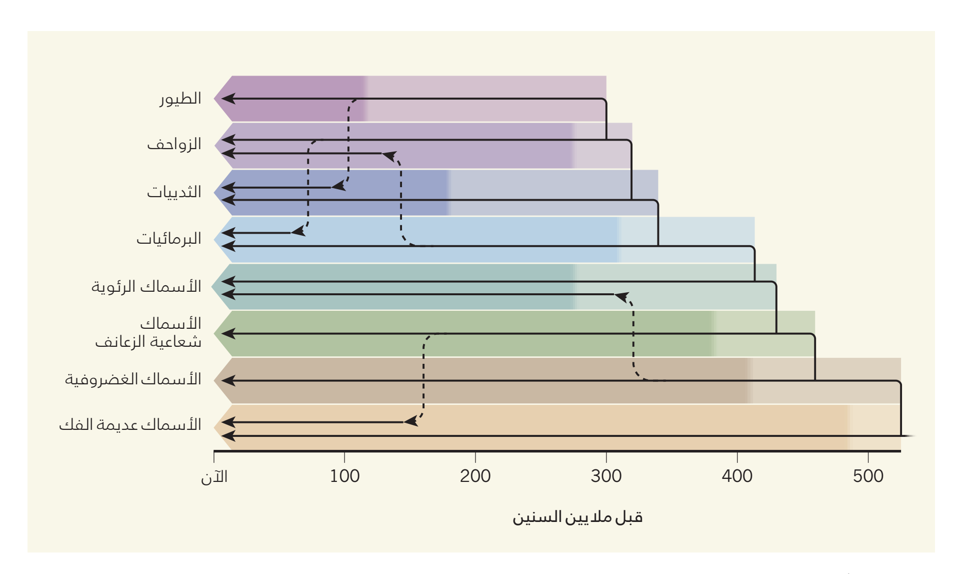
الأنواع، إضافة إلى تطوّرها المشترك معها. بل أن العديد من أحداث تفشي الفيروسات في البشر هو نتيجة لانتقال الفيروسات من الحيوانات إلى البشر، ويُعد وباء الإيبولا الأخير في غرب أفريقيا مثالًا على ذلك[10]. وغالبية حوادث انتقال الفيروسات فيما بين الأنواع تتسبب في محدودية الانتقال المتواصل، أو انعدامه (يستمر الفيروس في الانتشار عادةً في النوع العائل الجديد مؤقتًا فقط). وتعتمد قدرة الفيروس على تثبيت أقدامه على مجموعة من العوامل، منها تباعد العائل[11]. ولذا، فإن انتقال الفيروسات بين الحيوانات المنتمية إلى صنف الفقاريات نفسه (كالانتقال من الخفافيش إلى البشر، على سبيل المثال) أرجح حدوثًا من انتقالها بين الحيوانات المنتمية إلى أصناف مختلفة من الفقاريات (مثل الانتقال من الزواحف إلى الثدييات). إلا أن، دراسات شي وزملائه لتطور السلالات تكشف عن أن الفيروسات تقفز بانتظام فيما بين أصناف الفقاريات، مع انتقال متواصل ناجح، قد يستمر لملايين السنين.

توسّع الدراسة الحالية من معرفتنا لتطوّر فيروسات الفقاريات بشكل هائل، لكنها لا تخلو من أوجه القصور، فأولًا، باستثناء الطيور والثدييات، يوجد أكثر من 50 ألف نوع من الفقاريات. وعلى الرغم من أن الدراسة الحالية هي واحدة من أكبر الدراسات من نوعها، فإن شي وزملاءه أخذوا عيّناتهم من نسبة تقل عن 0.5% فقط من هذه الأنواع. وإضافةً إلى ذلك، ركّز الباحثون في أخذ العيّنات على الأصناف الشائعة، مثل الأسماك شعاعية الزعانف، وشملوا في دراستهم عددًا قليلًا نسبيًّا من البرمائيات. يعني ذلك أن النتائج التي توصل إليها فريق البحث لا تمثِّل سوى نسبة ضئيلة من التنوع الكلي لفيروسات الحمض النووي الريبي، أي أننا لم نتطرّق سوى إلى النذر اليسير من التاريخ التطوري لهذه الفيروسات. وسوف يستمر نطاق فهْمنا لتطور الفيروسات في الاتساع مع أَخْذنا المزيد من عينات فيروسات الحمض النووي الريبي من فترات تطورية أبعد.

يتمثّل وجه قصور آخر في الدراسة الحالية - وهو معتاد الحدوث في مثل هذا النوع من الدراسات - في أنه قد تم التعرف على فيروسات جديدة على أساس تشابهها جينيًّا مع فيروسات سبق تعيين تسلسلها الجيني. وهذه الاستراتيجية قد تتسبب في ظهور تحيّز. وعليه، من الممكن أن تكون هناك مجموعات كاملة من الفيروسات لم تُكتشَف بعد، لعدم التمكن من اكتشافها باستخدام الأساليب المعتمدة على التشابه.

أخيرًا، يتضح بشكل متزايد أن القليل جدًّا فقط من فيروسات الحمض النووي الريبي سيصيب البشر، وأن العوامل المساهمة في ظهورها في البشر لا تزال غير مفهومة بشكل كامل. وكما يثبت شي وزملاؤه، تحليلات تطوّر السلالات هي أداة فعّالة لتحديد الانتقالات بين الأنواع التي حدثت في الماضي، إلا أنه لا يمكن استخدام هذه التحليلات لتوقّع التنقّل بين العوائل، أو ظهور الفيروسات في العوائل مستقبلًا، حيث إن تعقيد الانتقال الناجح بين الأنواع يُبطِل جهود التنبؤ بظهور الأمراض، عن طريق تعيين تنوع الفيروسات غير البشرية[12]. وعليه، ستكون الدراسات التي تمنحنا فهمًا أعمق لتطوّر فيروسات الحمض النووي الريبي وتنوعها، مثل دراسة شي وزملائه، ضرورية لتوجيه الجهود المستقبلية لرصد الفيروسات في البشر.

استغرق الأمر عقودًا عديدة لفهم أساسيات التاريخ التطوري للفقاريات. وسوف يستغرق - على الأرجح - وقتًا أطول، قبل أن يمكننا القول بثقة إننا قد بدأنا نفهم التنوّع الهائل لفيروسات الحمض النووي الريبي، وعلاقاتها المعقدة مع البشر والفقاريات الأخرى. وقد قدّم لنا شي وزملاؤه نقطة بداية مثيرة للاهتمام، يمكننا الانطلاق منها نحو هذا الهدف. ■



شكل 1 | تَعقُّب تطوّر فيروسات الحمض النووي الريبي. عيّن شي وزملاؤه[6] تسلسل فيروسات الحمض النووي الريبي الموجودة في أصناف مختلفة من الفقاريات، وأنشأوا أشجارًا لتطور الفيروسات. على مدار 525 مليون سنة، تشعّبت الفقاريات إلى أصناف كثيرة. وتشير بداية كل سهم ملون سميك إلى التباعد بين مجموعة فقاريات، والمجموعة الأدنى منها في الشكل؛ بينما تشير بداية التظليل الأغمق إلى وقت ظهور أقرب سلف مشترك للأفراد الموجودين حاليًّا من الصنف. ووجد الباحثون أن فيروسات الحمض النووي الريبي قد تباعدت مع تباعد عوائلها الفقارية (الخطوط السوداء تشير إلى تطوّر الفيروسات). وكل صنف من الفقاريات تهيمن عليه مجموعة خاصة به من فيروسات الحمض النووي الريبي، إلا أنه تحدث أحيانًا انتقالات بين الأنواع (الأسهم المتقطعة) تتسبب في دخول فيروسات جديدة إلى صنف معين. وشجرة تطور السلالات هذه هي مخطط مبسّط، يمثِّل تطور فيروسات الحمض النووي الريبي إجمالًا، ولا يُظهِر التواريخ الدقيقة، أو الانتقالات بين الأنواع التي اكتشفها الباحثون.

مارك زيلر، وكريستيان جي. آندرسن هما باحثان في قسم المناعة والأحياء الدقيقة بمعهد سكريبس للأبحاث في لاهويا، كاليفورنيا 92037، الولايات المتحدة الأمريكية. كما يعمل كريستيان جي. آندرسن أيضًا في قسم الأحياء البنيوية والحاسوبية التكاملية بمعهد سكريبس للأبحاث، ومعهد سكريبس للعلوم التطبيقية.

البريد الإلكتروني: zellerm@scripps.edu؛ andersen@scripps.edu

1. Wolfe, N. D., Dunavan, C. P. & Diamond, J. *Nature* **447**, 279–283 (2007).
2. Woolhouse, M. E. J. & Brierley, L. *Sci. Data* **5**, 180017 (2018).
3. Olival, K. J. *et al. Nature* **546**, 646–650 (2017).
4. Holmes, E. C. *J. Virol.* **85**, 5247–5251 (2011).
5. Koonin, E. V., Senkevich, T. G. & Dolja, V. V. *Biol. Direct* **1**, 29 (2006).
6. Shi, M. *et al. Nature* **556**, 197–202 (2018).
7. Tristem, M., Herniou, E., Summers, K. & Cook, J. *J. Virol.* **70**, 4864–4870 (1996).
8. Reuter, G. *et al. J. Gen. Virol.* **96**, 2607–2613 (2015).
9. Ip, H. S., Lorch, J. M. & Blehert, D. S. *Emerg. Microbes Infect.* **5**, e97 (2016).
10. Holmes, E. C., Dudas, G., Rambaut, A. & Andersen, K. G. *Nature* **538**, 193–200 (2016).
11. Faria, N. R., Suchard, M. A., Rambaut, A., Streicker, D. G. & Lemey, P. *Phil. Trans. R. Soc. B* **368**, 20120196 (2013).
12. Geoghegan, J. L. & Holmes, E. C. *Open Biol.* **7**, 170189 (2017).

الفيزياء الكمية

عشوائية كمية آمنة

تعتمد أنظمة الاتصالات على مولدات للأعداد العشوائية؛ من أجل تشفير المعلومات. وقد تؤدي إحدى طرق إنتاج أعداد عشوائية بحق - حتى من خلال أجهزة غير موثوقة - إلى تحسينات في مستوى الأمان.

ستيفانو بيرونيو

تستفيد مخططات التشفير المستخدَمة في التشفير الحديث استفادة واسعة من الأعداد العشوائية - التي لا يمكن التنبؤ بها - لضمان عدم قدرة الخصم على فك تشفير البيانات أو الرسائل. ومن هنا تبرز أهمية مولدات الأرقام العشوائية الموثوق بها، فمثلًا، حدد تحليل على نطاق شبكة الإنترنت عشرات الآلاف من الخوادم المعرَّضة لهجمات بدائية، نتيجة لاستخدام مولدات أرقام عشوائية منخفضة الجودة[1]. وفي بحث نُشر مؤخرًا بدورية *Nature*، استغل بيرورست وزملاؤه[2] ظواهر تنشأ عند نقاط التقاء الفيزياء الكمية بالنسبية الخاصة، لعرض مولد الأعداد العشوائية الأفضل على الإطلاق، محققين بذلك مستوى غير مسبوق من الأمان.

وعلى الرغم من سهولة الإتيان بمخططات لتوليد أعداد تبدو عشوائية، فإن تقييم مدى أمانها – أي مدى عدم إمكانية التنبؤ بها من قبل خصم محتمل – أمر عسير للغاية. وينبع

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الكثير من المتاعب من حقيقة أن مثل تلك المخططات لا يمكن اختبارها بمجرد النظر إلى مخرجاتها من منظور أشبه بـ"الصندوق الأسود"، أي منظور تكون الأعمال الداخلية به غير معروفة. فعلى سبيل المثال، بعض العمليات الحسابية المعروفة باسم مولدات الأعداد شبه العشوائية ينتج تسلسلات من أعداد يمكن التنبؤ بها تمامًا. إلا أن تلك التسلسلات ليس لها أيّ أنماط قابلة للتمييز، وبالتالي فمن منظور شخصٍ لا يعرف كيف تم توليد تلك الأعداد، لا يمكن تمييزها بسهولة عن التسلسلات الموضوعة باستخدام طرق عشوائية حقًّا.

لذلك، يبدو أنه لا يمكن تحقيق الأمان، إلا إذا استوفى مولد الأعداد العشوائية شرطين، الأول: أن يعلم المستخدم كيف تم توليد الأعداد، للتحقق من تنفيذ إجراء فعال؛ والثاني: أن تكون المنظومة بمثابة صندوق أسود من منظور الخصم، لمنعه من استغلال معرفته بالآلية الداخلية للمنظومة.

غير أن الشرط الأول غير واقعي. فمولد الأعداد العشوائية قد ينحرف عن التصميم المقصود، بسبب عيوب فيه، أو تقادم مكوناته، أو فشل عرضي، أو عبث صريح من قبل الخصم، ما يسفر عن حدوث انحرافات خفية غير مكتشَفة. كما إن مراقبة الآلية الداخلية لمولد أعداد عشوائية بشكل آني أمر عسير، وغير عملي[3]. وإضافة إلى ذلك، ينتهك الشرط الثاني "مبدأ كيركوفس"، وهو من المبادئ الرئيسة في التشفير الحديث، وقد أعاد صياغته رائد نظرية المعلومات كلود شانون[4]، في مقولة "العدو يعرف المنظومة المستخدمة". وبصياغة أخرى، ينبغي أن يُفترض عند تصميم منظومات التشفير أن الخصم سيألفها سريعًا.

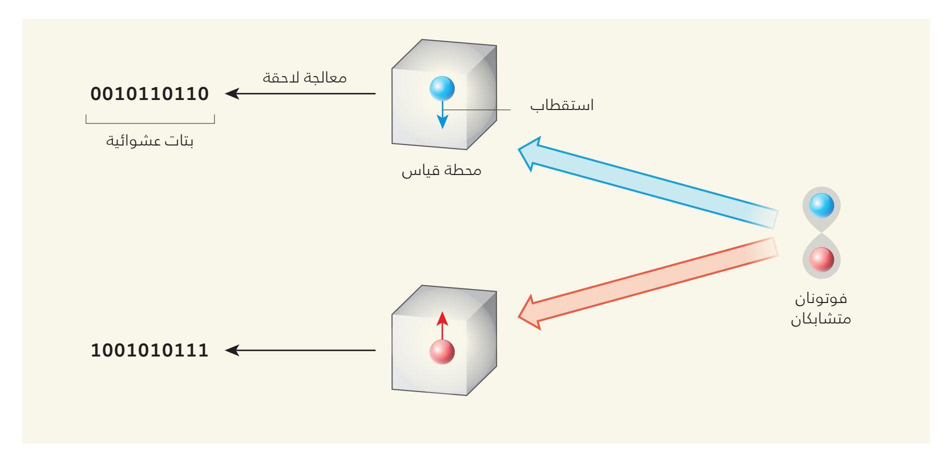
ومن اللافت للنظر أنه بسبب القوانين غير الاعتيادية للفيزياء الكمية، من الممكن إنشاء مولد أعداد عشوائية آمِن بصورة مُثبَتة، فيه لا تكون للمستخدم دراية بآلية التوليد الداخلية، في حين أن لدى الخصم وصفًا مفصلًا عنها.

ولفَهْم الكيفية التي يتم بها ذلك، فلننظر إلى التجربة التي قام بها بيرونيو وزملاؤه (الشكل 1). قام الباحثون بإعداد فوتونين بحالة كمية مميزة، تُعرف بحالة التشابك، ثم أرسلوا كل فوتون إلى محطة قياس بعيدة مختلفة، حيث تم تسجيل استقطابات الفوتونات. وفي أثناء القياس، لم يكن بمقدور الفوتونات أن تتفاعل مع بعضها البعض، حيث كانت المحطات بعيدة للغاية، حتى إن التفاعل كان يتطلب إشارات تسافر أسرع من الضوء كي يحدث. ومع ذلك، كانت نتائج القياس مترابطة بقوة، نتيجة للطبيعة المتشابكة للفوتونات. ويمكن الكشف عن مثل هذه الارتباطات تجريبيًّا عبر معايير إحصائية تُعرف بانتهاكات متباينات "بِل"[5].

يشير السلوك القوي والمترابط للفوتونين المتباعدين أنه يمكن استخدامهما لتصميم جهاز اتصال أسرع من الضوء. وقد يكون ذلك ممكنًا بالفعل، ما لم تكن نتائج قياس الفوتونات غير قابلة للتنبؤ، وهي الحالة التي ستفشل فيها أيّ محاولة لاستخدام تلك الفوتونات بجهاز اتصال، إذ قد تَنْتُج عن ذلك رسائل مشفرة غير مفهومة. ولأن الاتصال الأسرع من الضوء مستحيل، فذلك يعني أن انتهاكات متباينات "بِل" تنطوي على مخرجات قياس عشوائية؛ أي أن الانتهاكات تقدِّم بصمة تجريبية للعشوائية.

يَعتمِد هذا الاستنتاج فقط على استحالة تبادل الإشارات الأسرع من الضوء، وليس على أي وصف تفصيلي للأنظمة الكمية المصاحِبة. وعليه، يجب أن يكون صحيحًا من منظور الخصم، مهما بلغت معرفته الخاصة بالعمليات الكمية التي يتم تنفيذها. ولأنه لا يمكن لأحد المستخدمين التحقق من انتهاكات متباينات "بِل"، إلا من خلال الإحصائيات الخاصة بالنواتج المرصودة لمثل تلك العمليات، فإن النهج المتبع للتحقق يمثل اختبارًا للعشوائية يشبه الصندوق الأسود.

وقد تم رصد انتهاكات متباينات "بِل" بالعديد من التجارب عبر العقود الثلاثة الماضية[5]، وتُعرف علاقتهم النوعية بالعشوائية منذ عدة سنوات. ومع ذلك، فقد بدأ باحثو



الشكل 1 | مولد كَمِّي للأعداد العشوائية. يطرح بيرونيو وزملاؤه[2] تجربة تنتج سلاسل من البتات العشوائية بحق (أصفار وآحاد)، وهي مطلوبة لتحسين مستوى الأمان في نطاق واسع من أنظمة الاتصالات. أعدّ الباحثون زوجًا من الفوتونات المتشابكة (أزرق، وأحمر)، ما يعني أن خواصهما كانت مترابطة بقوة، ثم قاموا بإرسال كل فوتون منهما إلى محطة قياس بعيدة مختلفة، حيث تم تسجيل استقطابات الفوتونات. كانت نتائج القياس الصادرة عن المحطتين لا يمكن التنبؤ بها، ويعود السبب في ذلك إلى السلوك المترابط القوي، والمسافة الكبيرة الفاصلة بين الفوتونين. ومع ذلك، كانت العشوائية ضئيلة، حتى بعد ملايين دورات التشغيل. استخدم الباحثون تقنية قوية للمعالجة اللاحقة لتوليد بتات عشوائية بحق من هذه القياسات، مع أقل ما يمكن من الافتراضات الفيزيائية حول سلوك الفوتونات.

المعلومات الكمية في تطوير الأدوات؛ لاستغلال هذا الرابط فقط في السنوات القليلة الماضية[6].

تتمثل إحدى الصعوبات الرئيسة في أن معظم التجارب المنتهكة لمتباينات "بِل" تتأثر بالثغرات، ما يعني عدم إمكانية اختبارها براهين من النوع الشبيه بالصندوق الأسود. فعلى سبيل المثال، التقييد الخاص بأن الفوتونين لا يمكنهما تبادل الإشارات عند سرعات أقل من سرعة الضوء لم يتم تنفيذه بصرامة في العرضين السابقين لتوليد العشوائية القائم على متباينات "بِل"[7،8]. وقد أجريت في السنوات القليلة الماضية تجارب خالية من الثغرات[9-11]، لكنها تظل بمثابة تحدٍّ تقني. وعلى وجه الخصوص، فرغم كَوْن حجم انتهاكات متباينة "بِل" المرصود بتلك التجارب كافيًا للتأكيد على السلوك المترابط للفوتونات، فقد كان منخفضًا للغاية، بحيث لا يمكنه التحقق من وجود عشوائية ذات جودة كافية لأغراض التشفير.

وقد قام بيرونيو وزملاؤه بتحسين التجهيزات التجريبية الموجودة، والخالية من الثغرات، إلى الحد الذي يصبح ممكنًا معه تحقيق عشوائية كهذه. غير أنه، تم الوصول بالكاد إلى هذا الحد. ففي كل مرة يتم فيها قياس فوتون بتجربة الباحثين، تعادل العشوائية المولَّدة (ويتم التعبير عنها كـ"بتات"، أي: أصفار وآحاد) عملية رمي عملة معدنية في الهواء، باحتمال 99.98% أن تهبط على وجه "الملك".

على مدار عدة دورات تشغيل، يُفترض أن يكون تسلسل مخرجات القياس قد راكم قدرًا من عدم التيقن، يكفي لجعل من الممكن استخراج البتات العشوائية بحق، من خلال معالجة ذكية لاحقة. ومع ذلك، فإن أيًّا من أساليب تحليل مثل هذه التسلسلات، الموجودة حاليًّا، لم يكن ليكون بالفاعلية الكافية للوصول إلى هذا الهدف. لذلك، فقد استحدث بيرونيو وزملاؤه تقنية إحصائية قوية حققت هذا الهدف، صُممت خصيصًا لتناسب الانتهاكات الضعيفة لمتباينة "بِل" التي رصدوها. وفي النهاية، تمكَّن الباحثون من توليد 1,024 بتًّا عشوائيًّا في حوالي 10 دقائق من الحصول على البيانات، ما يقابل قياس 55 مليون زوج من الفوتونات.

يمثل مولد الأعداد العشوائية الذي طرحه بيرونيو وزملاؤه الطريقة الأكثر دقة وثباتًا حتى الآن لإنتاج العشوائية؛ إلا أن معدل التوليد فيها أقل بكثير من مولدات الأعداد العشوائية الكمية التجارية الأكثر تقليدية، التي يمكنها إنتاج ملايين البتات العشوائية كل ثانية[12]. ومع ذلك، يمكن توقُّع حدوث تحسن في معدل التوليد إلى الحد الذي عنده لن يكون ذلك بمثابة عامل تقييد قوي.

والإشكالية الأكبر تتمثل في حجم مولد الأعداد العشوائية الذي يطرحه الباحثون، حيث إنه يتألف من محطات قياس، يفصل بينها 187 مترًا؛ لمنع تبادل الإشارات الأبطأ من سرعة الضوء بين أزواج الفوتونات. قد يتم تصغير تلك المسافة في المستقبل، لكن من الصعب تخيُّل كيف ستتمكن من الوصول إلى أبعاد الأجهزة الإلكترونية الأكثر تقليدية (بضعة سنتيمترات على الأكثر) باستخدام التكنولوجيا المنظورة.

ورغم أن دراسة بيرونيو وزملائه لن تؤدي مباشرة إلى مولدات أعداد عشوائية استهلاكية وعملية، فإنها تهيء اتجاهًا جديدًا وتصورًا للإنتاج الآمِن للبتات العشوائية. ويمكن تعديل نهج الباحثين والأساليب النظرية الخاصة بهم ليتناسب مع تصميمات أكثر عملية وبساطة لمولدات الأعداد العشوائية التي يمكن أن تحتفظ بالعديد من المزايا التصورية والأمنية لعملها. ■

ستيفانو بيرونيو يعمل في مختبر المعلومات الكمية، جامعة بروكسل الحرة، 1050 بروكسل، بلجيكا.
البريد الإلكتروني: stefano.pironio@ulb.ac.be

1. Heninger, N., Durumeric, Z., Wustrow, E. & Halderman, J. A. *Proc. 21st USENIX Security Symp.* 205–220 (USENIX, 2012).
2. Bierhorst, P. *et al. Nature* **556**, 223–226 (2018).
3. Becker, G. T., Regazzoni, F., Paar, C. & Burleson, W. P. in *Cryptographic Hardware and Embedded Systems – CHES 2013* 197–214 (Springer, 2013).
4. Shannon, C. E. *Bell Syst. Tech. J.* **28**, 656–715 (1949).
5. Brunner, N., Cavalcanti, D., Pironio, S., Scarani, V. & Wehner, S. *Rev. Mod. Phys.* **86**, 419–478 (2014).
6. Acín, A. & Masanes, L. *Nature* **540**, 213–219 (2016).
7. Pironio, S. *et al. Nature* **464**, 1021–1024 (2010).
8. Liu, Y. *et al. Phys. Rev. Lett.* **120**, 010503 (2018).
9. Hensen, B. *et al. Nature* **526**, 682–686 (2015).
10. Giustina, M. *et al. Phys. Rev. Lett.* **115**, 250401 (2015).
11. Shalm, L. K. *et al. Phys. Rev. Lett.* **115**, 250402 (2015).
12. Herrero-Collantes, M. & Garcia-Escartin, J. C. *Rev. Mod. Phys.* **89**, 015004 (2017).

علم النانو

انحناء الضوء الموجّه بالببتيدات

باحثون يتحكمون في نمو جسيمات الذهب النانوية باستخدام الأحماض الأمينية والببتيدات؛ من أجل إنتاج بِنى ملتوية تغيّر دوران الضوء. وهذه الطريقة يمكن أن تُيسّر تطوير أجهزة بصرية.

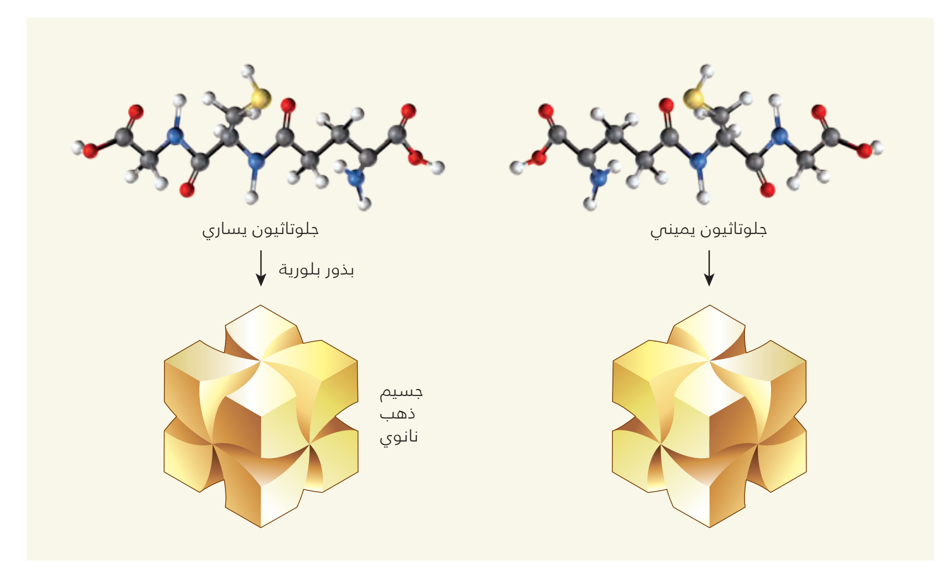
جيليرمو جونزاليس-روبيو، ولويس إم. ليز-مارزان

يمكن الاستفادة من الجسيمات النانوية التي تتحكم في دوران الضوء في بعض التطبيقات، كتطويعها في الأجهزة البصرية[1] والمستشعرات[2]، وإن كان إعداد هذه النوعية من الجسيمات صعبًا، وخاصة من المعادن البلورية. في بحث منشور في دورية *Nature*، أعلن لي وآخرون[3] عن التوصل إلى طريقة بارعة، تقوم على استخدام الأحماض الأمينية، أو الببتيدات (وهي جزيئات صغيرة تتكوّن من الأحماض الأمينية)؛ لتوجيه النمو غير المتماثل لجسيمات الذهب النانوية، ملتوية الشكل. تفتح هذه النتائج الباب أمام فرص مميزة لإعداد المواد والأجهزة التي تتحكم في دوران الضوء.

الأجسام غير المتماثلة، التي لا يمكن تركيبها على صورتها المرآتية، توجد في أحجام مختلفة، وتشمل جزيئات الحمض النووي، وقواقع الحلزون، بل والمجرات أيضًا. ويُقال إن هذه البِنَى عديمة التناظر المرآتي. وقد صاغ لويس باستور مفهوم عدم التماثل الجزيئي في عام 1848، عندما عزا الاختلافات الشكلية في بلورات الطرطرات إلى وجود جزيئات طرطرات معكوسة كصورة مرآتية[4،5]. ونحن ندرك الآن أن وظائف الجزيئات الحيوية تعتمد غالبًا على عدم التناظر المرآتي، الذي يكون - على سبيل المثال – بمثابة الأساس لتفاعلات محددة بعناية بين الإنزيمات وجزيئات ركائزها؛ ما يسمح بأداء الكائنات الحية لوظائفها على نحو سليم.

تتمثّل إحدى خصائص الجزيئات عديمة التناظر المرآتي في أن كل شكل ذي صورة مرآتية يتفاعل على نحو مختلف مع الضوء المُستقطَب استقطابًا دائريًّا (الذي يتبع فيه المجال الكهربي مسارًا حلزونيًّا في اتجاه انتشار الضوء)، ما يؤدي إلى ظاهرة تُعرَف عمومًا بـ"النشاط البصري". وعلى سبيل المثال، يشمل الازدواج اللوني الدائري الامتصاص التفاضلي للضوء المُستقطَب استقطابًا دائريًّا يمينيًّا ويساريًّا، عن طريق الأشكال ذات الصور المرآتية للجزيء. وقد استُخدِم النشاط البصري للجزيئات العضوية عديمة التناظر المرآتي للتحكم في دوران الضوء، وإنْ كان ذلك يحدث على نحو شبه دائم في منطقة الأشعة فوق البنفسجية بالطيف الكهرومغناطيسي.

في العقد الماضي، ثَبُت أيضًا أن بعض المواد غير العضوية له خاصية عدم التناظر المرآتي، ونشاط بصري[6]، ومن ثم يتيح التحكم في الانتشار الدوراني للضوء؛ ليشمل مناطق الضوء المرئي، والأشعة تحت الحمراء القريبة. وتبرز بين هذه المركّبات غير العضوية المواد ذات البنية النانوية، التي تُبدي آثارًا بلازمونية. وتنشأ هذه الآثار من تذبذبات إلكترونات التوصيل في الفلزات ذات البنية النانوية، أو في المواد الأخرى التي تحتوي على إلكترونات حرة، وينتج عنها امتصاص وانتشار للضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة على نحو فعال جدًّا. ويتحدد الطول الموجي المتضمن في هذه العملية بناء على تركيب المادة النانوية،



شكل 1| نقل خاصية عدم التناظر المرآتي من الببتيدات إلى الجسيمات النانوية. قام لي وزملاؤه[3] بإنماء جسيمات ذهب نانوية من "بذور" بلورية في وجود أحماض أمينية، أو ببتيدات عديمة التناظر المرآتي، يمكن أن توجد في هيئات ذات صورة مرآتية. وكانت الجسيمات النانوية الناتجة عديمة التناظر المرآتي أيضًا، والهيئة ذات الصورة المرآتية التي نمت اعتمدت على هيئة الأحماض الأمينية أو الببتيدات المُضافة المُستخدَمة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يوجد جلوتاثيون الببتيد على هيئة أيزومرات يسارية L ويمينية D ذات صور مرآتية، توجِّه نمو نسخ الصور المرآتية للجسيم النانوي ذي السطوح الحلزونية الموضح في الشكل. (بِنى الجلوتاثيون من جيليرمو جونزاليس-روبيو)

وأبعادها، وشكلها.

عُرِّف استخدام الآثار البلازمونية عديمة التناظر المرآتي بأنه أحد أكثر الطرق الواعدة في تطوير مواد بصرية فائقة؛ وهي بِنى اصطناعية مثل "عباءات التخفي"[7]، لها خواص بصرية تختلف عن خواص المواد التي توجد في الطبيعة. وقد حفز ذلك بذل جهود كبيرة لتصنيع أجسام بالحجم النانوي، لها شكل هندسي عديم التناظر المرآتي. وقد أُحرِزت تطورات كبيرة[1] من خلال كل من طرق التصنيع من أعلى إلى أسفل، التي تُجهَّز فيها الأجسام ذات الحجم النانوي من مواد كتلية، وطرق التصنيع من أسفل إلى أعلى، التي يتم فيها إنماء الأجسام باستخدام عمليات كيميائية.

> **يمكن معالجة المواد النانوية لتصبح مواد مركّبة، بل وقد تجد لها تطبيقات تكنولوجية.**

ويمكن استخدام طرق التصنيع من أعلى إلى أسفل بالفعل لتصنيع كميات صغيرة من المواد النانوية التي لها أشكال واضحة، لكنْ قد يكون من الصعب استخدام هذه الطرق على نطاق أكبر لإنتاج الكميات اللازمة لإجراء المعالجة التي تَنْتُج عنها مواد، أو الدمج في أجهزة. وفي المقابل، نجد أن طرق التصنيع من أسفل إلى أعلى تقوم عادةً على كيمياء تُجرَى في المحاليل، يكون من الأسهل استخدامها على نطاق أكبر.

لقد تم إحراز تطورات مميزة في توسيع نطاق طرق التصنيع من أسفل إلى أعلى؛ للحصول على مواد نانوية عديمة التناظر المرآتي، ويكون ذلك عن طريق استخدام قالب عديم التناظر المرآتي في الأساس، لتوجيه تجميع الجسيمات النانوية التي تشكّلت مسبقًا. وتشمل الأمثلة الرائعة على هذه المواد: الكرات الذهبية المتراكمة على أسطح أشرطة الحمض النووي[8]، وقضبان الذهب النانوية المتداخلة مع هياكل أوريجامي الحمض النووي المبرمجة بدقة[9]، وقضبان الذهب النانوية المتراكمة على أنسجة البروتين الحلزونية[2]. على أنه، في جميع هذه الحالات، يكون النشاط البصري الذي تم الحصول عليه هو نتيجة للآثار البلازمونية الكلية، أما الطول الموجي الذي يحدث عنده الازدواج اللوني الدائري، فيُعرَّف عن طريق كلٍّ من الخصائص المحددة للبنات الأساسية المُفردة المستخدمة، وترتيبها على القالب. وهذا يعني أن عوامل عديدة ينبغي معالجتها؛ من أجل تحقيق تأثير بصري معين.

والبديل الأبسط لإنتاج آثار بصرية هو إنماء الجسيمات النانوية البلازمونية عديمة التناظر المرآتي بطريقة تضمن أن كل هذه الجسيمات لها الشكل نفسه، وبالتالي تكون لها أنشطة بصرية متطابقة.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ويمكن تحقيق ذلك عن طريق استخدام الجسيمات النانوية المتشكّلة مسبقًا، كـ"بذور" يتم إنماؤها بعد ذلك إلى الحجم والشكل المرغوبين من خلال الترسيب البطيء للمادة عليها، ويحدث ذلك عادةً باستخدام جزيئات مضافة لتوجيه عملية النمو[10]. وقد استُخدِمت هذه الطرق لصنع أجسام معدنية شديدة التماثل في الحجم النانوي، بما في ذلك كرات وقضبان ومجسمات ثُمانية سطوح. واستُخدِمت هذه الطريقة أيضًا لصنع بِنى عديمة التناظر المرآتي من مواد غير عضوية معينة[11]، لكنْ ليس من فلزات كالذهب، بنيتها البلورية عالية التماثل. ويُعلِن لي وزملاؤه الآن عن تطور يملأ هذه الفجوة المنهجية.

إن الاكتشاف الرئيس الذي أعلن عنه مؤلفو البحث هو استخدام الأحماض الأمينية أو الببتيدات عديمة التناظر المرآتي، التي تحتوي على مجموعات الثيول (SH)، كمواد مضافة في عملية نمو بذور جسيمات الذهب النانوية (الشكل 1). وهذه المواد المضافة تؤثر على معدل نمو بعض أوجه البلورة، ما يؤدي إلى تكوين بِنى نانوية لها أشكال معقدة عديمة التناظر المرآتي، ودرجة تشتت أحادي مذهلة، وتكون كل الجسيمات متشابهة إلى حد كبير في الحجم والشكل. وإضافة إلى ذلك، يمكن التحكم في الشكل الذي تم الحصول عليه، عن طريق تغيير إمّا بِنية الجزيء الموجّه للشكل، أو الشكل الأوّلي لجسيمات البذور.

ومن ثم، أثبت لي وزملاؤه أن خاصية عدم التناظر المرآتي، والسلوك البصري للأحماض الأمينية والببتيدات الموجودة في الطبيعة يمكن نقلهما إلى البلورات النانوية البلازمونية المُشكَّلة. وجسيمات الذهب النانوية عديمة التناظر المرآتي عالية الجودة الناتجة (انظر صور الفحص المجهري الإلكتروني في الشكل 1 بالمرجع 3) تظهر ازدواجًا لونيًّا دائريًّا قويًّا (وهو اختلاف كبير بين امتصاص الضوء المستقطب استقطابًا دائريًّا يمينيًّا ويساريًّا)، مع تحديد الطول الموجي وكثافة الإشارة بالشكل المعين للجسيمات النانوية. ولأن هذه الاستجابة البصرية المميزة تنشأ من الآثار الجوهرية للجسيمات المفردة، فيمكن معالجة المواد النانوية لتصبح مواد مركّبة، أو أغشية رقيقة، بل وقد تجد لها تطبيقات تكنولوجية من خلال دمجها في الأجهزة.

إنّ الإجراء الذي اتبعه مؤلفو البحث هو تعديل بسيط جدًّا للطرق التي يشيع استخدامها في إنماء جسيمات الذهب، أو الفضة، أو البلاديوم النانوية المُشكَّلة. وبالتالي، من المرجح اعتماد هذا الإجراء سريعًا، لإنتاج بِنى نانوية عديمة التناظر المرآتي من هذه المعادن "النبيلة"، التي حسّنت الخصائص التحفيزية أو الإلكترونية، بالمقارنة بالبِنى عديمة التناظر المرآتي المماثلة. وسيعتمد نجاح هذه التقنية على ما إذا كانت فعالة حقًّا في إنتاج معادن نبيلة أخرى غير الذهب، أم لا، وما إذا كانت ثمة إمكانية لاستبدال المواد المضافة الصغيرة عديمة التناظر المرآتي، التي توجد في الطبيعة، بجزيئات اصطناعية غير متماثلة. ويلزم إجراء مزيد من الدراسات، لتحديد مدى تأثير حركة نمو الجسيمات، وقوة التفاعلات بين سطح البلورة النانوية والمواد عديمة التناظر المرآتي المضافة، وتركيب البذور وحجمها على هذه العملية. ■

جيليرمو جونزاليس-روبيو، ولويس م. ليز-مارزان
يعملان في مركز البحوث التعاونية في المواد الحيوية، 20014 دونوستيا-سان سباستيان، إسبانيا. كما يعمل لويس في إيكرباسك، مؤسسة «باسْك» للعلوم، في بلباو، إسبانيا.
البريد الإلكتروني: llizmarzan@cicbiomagune.es

1. Hentschel, M., Schäferling, M., Duan, X., Giessen, H. & Liu, N. *Sci. Adv.* **3**, e1602735 (2017).
2. Kumar, J. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **115**, 3225–3230 (2018).
3. Lee, H.-E. *et al. Nature* **556**, 360–365 (2018).
4. Pasteur, L. *Ann. Chim. Phys. Sér. 3* **24**, 442–459 (1848).
5. Gal, J. *Nature Chem.* **9**, 604–605 (2017).
6. Ma, W. *et al. Chem. Rev.* **117**, 8041–8093 (2017).
7. Pendry, J. B. *Science* **306**, 1353–1355 (2004).
8. Kuzyk, A. *et al. Nature* **483**, 311–314 (2012).
9. Lan, X. *et al. J. Am. Chem. Soc.* **137**, 457–462 (2015).
10. Liz-Marzán, L. M. & Grzelczak, M. *Science* **356**, 1120–1121 (2017).
11. Zhou, Y., Yang, M., Sun, K., Tang, Z. & Kotov, N. A. *J. Am. Chem. Soc.* **132**, 6006–6013 (2010).



ISABEL HOUGHTON

علم المحيطات

الجمبري يثير حركة المياه

الجمبري الملحي (*Artemia salina*) هو نوع من القشريات دقيقة الحجم، التي تعيش في أسراب، وتتّبع نمطًا يوميًّا من الهجرة الرأسية. ويذكر هوتون وآخرون - في ورقة بحثية نُشِرت على الإنترنت في دورية *Nature* - أن مثل هذه الهجرة الجماعية تولّد دوامات مائية يمكنها أن تُسبب مزجًا كبيرًا في العمود المائي (I. A. Houghton *et al*. *Nature* https://doi.org/10.1038/s41586-018-0044-z; 2018).

لطالما استهوت علماء الأحياء قدرة الأفراد أو الجماعات على تغيير بيئتها الطبيعية. ففي الواقع، عرض تشارلز داروين في كتابه الأخير "تشكيل قوالب الخضراوات عن طريق أفعال الديدان" (*The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms*) (موراي، 1881) تحليله للتغيّرات التي يمكن أن تحدث من خلال الأفعال المتكررة للكائنات الصغيرة. وكان هذا العمل خير خاتمة لمسيرة علمية قُضيت في إيضاح كيف يمكن للتغييرات الصغيرة - عند منحها الوقت والفرصة الكافيين - أن يكون لها تأثيرات كبيرة. وما ينطبق على الديدان يَسري أيضًا على الجمبري.

ففي تجارب أُجريت في المختبر، درس هوتون وزملاؤه تأثير الهجرة الجماعية للجمبري الملحي (في الشكل: صورة بتقنية الاختزال الزمني، تقدِّم فيها المسارات الرأسية التي تسببها الجسيمات العالقة وسيلة لرصد تدفق الماء). ووجدوا أن حركة الجمبري قد أحدّثت نفثًا من الماء، تَسَبَّب في مزج العمود المائي بمقياس يفوق بثلاث رتب أُسية فعالية المزج الذي ينتج عن الانتشار. ويمكن أن يحدث المزج في المحيطات بفعل الرياح أو التيارات. وإذا كانت الظاهرة التي يذكرها هوتون وزملاؤه ذات صلة بالقشريات دقيقة الحجم، المسماة بالكريليات، التي تتجمع في أعداد هائلة في أجزاء من العالم سريعة التأثر بالمناخ، مثل المحيط الجنوبي، فقد تسهم الكائنات البحرية الصغيرة أيضًا في تغييرات ملموسة في المزج في المحيطات. **هنري جي**



رائدة العلوم في العالم العربي

متـاحـةٌ الآن للجـميــع ..

In print

Twitter

Facebook

YouTube

Nature Podcast

arabicedition.nature.com

tumblr.com

Mobile App

لقد كانت مهمتنا دومًا إيجاد سُبُل جديدة ومبتكرة لمشارَكة أحدث الاكتشافات في مجال العلوم، وتطوير النقاش بين المجتمع العلمي العالمي. وتُعَدّ دوريّة ***Nature*** الطبعة العربية بمنزلة مُنْتَدَاك الخاص لقراءة أحدث الأبحاث، ومشاهدتها، والاستماع إليها، والمشاركة فيها.







أجهزة بصرية

كاشفات ضوئية عند درجة حرارة الغرفة

يُعَد التشغيل عند درجة حرارة الغرفة ضروريًّا لأيّ تقنيات إلكترونية بصرية تهدف إلى توفير أنظمة مدمجة منخفضة التكلفة للتطبيقات واسعة الانتشار. وتمثّل إحدى صور التقدّم التكنولوجي الحديثة التي تم تحقيقها في هذا الشأن في الكشف البولومتري للتصوير الحراري، الذي حقق نتائج مرتفعة نسبيًّا من حيث الحساسية، ومعدلات أُطر الفيديو (حوالي 60 هرتزًا) عند درجة حرارة الغرفة. إلا أنه نتيجة للتيار المظلم المُستحَث حراريًّا، لا يزال التشغيل عند درجة حرارة الغرفة تحديًا كبيرًا للكاشفات الضوئية شبه الموصلة، التي تستهدف نطاق الطول الموجي الواقع بين 8 و12 ميكرومترات، وتُنفذ جميع التطبيقات ذات الصلة، مثل التصوير، والاستشعار البيئي عن بُعد، واتصالات المساحات الفارغة القائمة على الليزر، عند درجات حرارة منخفضة. وفي هذه الأجهزة، لم تكن الحساسية المرتفعة والسرعة العالية متسقتين أبدًا مع التشغيل عند درجة حرارة مرتفعة. يوضح الباحثون -في البحث المنشور- أن كاشفًا ضوئيًّا يعمل بالأشعة تحت الحمراء والآبار الكمية، وذا طول موجي طويل (تسعة ميكرومترات)، ومصنوعًا من مادة خارقة من أجهزة رنانة معدنية دون الطول الموجي يُظهِر أداءً شديد التحسن فيما يتعلق بأحدث التطورات في درجات حرارة تصل إلى درجة حرارة الغرفة. ويحدث ذلك نتيجة لكون مساحة التجميع الفوتوني لكل جهاز رنان أكبر كثيرًا من مساحته الكهربية، ما يقلل كثيرًا من التيار المظلم بالجهاز. وإضافة إلى ذلك، يبرهن الباحثون على تغلُّب البِنية الفوتونية المستخدمة على أوجه القصور في المادة، مثل انخفاض سرعة الانجراف الإلكترونية مع درجة الحرارة، التي تقيد البِنَى الهندسية التقليدية عند التشغيل فائق البرودة. وأخيرًا، تسمح المساحة المادية الصغيرة، والاستجابة المتزايدة للجهاز بالاستفادة من خاصية الاستجابة الداخلية عالية التردد للكاشف الكَمِّي عند درجة حرارة الغرفة. وعن طريق دمج ترددات جهازَي ليزر تعاقب كَمِّي في الكاشف، يعمل كجهاز استقبال اقتران ترددي، قاس الباحثون إشارة عالية التردد، فوق 4 جيجاهرتز.

لذا.. قد تعود هذه الكاشفات واسعة النطاق غير المُبرَّدة بالنفع على تقنيات معينة، مثل النقل السريع (أكثر من جيجابت في الثانية) للبيانات المترابطة متعددة القنوات، والتحليل الطيفي الجزيئي عالي الدقة.

doi: 10.1038/nature25790

D. Palaferri *et al.*

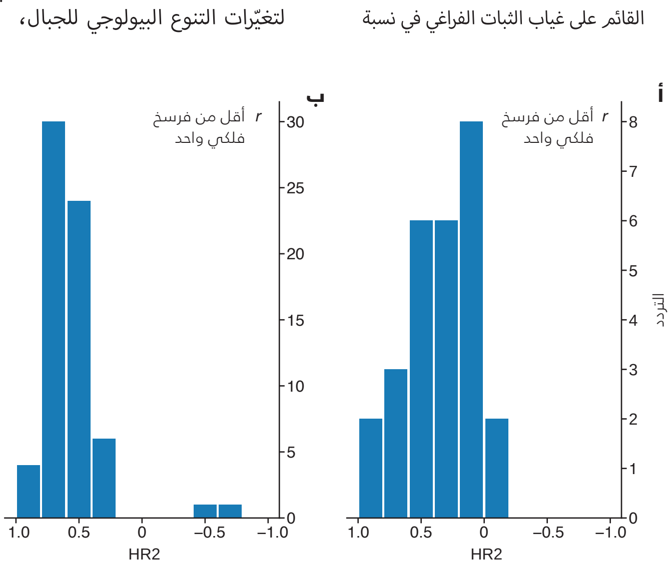
علم الفلك

ذروة كثافة ثقوب سوداء في مركز مجرّة

إنّ وجود "نقطة ذروة كثافة" الثقوب السوداء ذات الكتل النجمية -أي زيادة موضعية في عددها- بالقرب من ثقب أسود فائق الكتلة يمثّل تنبؤًا جوهريًّا بديناميكيات النجوم المجرِّية. وأفضل مكان للكشف عن نقطة الذروة هذه هو مركز المجرّة، حيث يقع أقرب ثقب أسود فائق الكتلة (واسمه "ساجيتاريوس إيه ستار"). ومن المتوقع وجود ما يصل إلى 20 ألف ثقب أسود في الفرسخ الفلكي المركزي للمجرّة، نتيجةً للاحتكاك الديناميكي، إلا أنه لم يُكشَف حتى الآن عن أي ذروة كثافة للثقوب السوداء. وتُعَد نظم الأشعة السينية الثنائية منخفضة الكتلة، التي تحتوي على ثقب أسود بكتلة نجمية، مُتَعَقِّبات طبيعية للثقوب السوداء. يشير الباحثون -في البحث المنشور- إلى أرصاد لاثني عشر ثنائيًّا من الأشعة السينية الساكنة في نقطة ذروة كثافة على بعد فرسخ فلكي واحد من ثقب "ساجيتاريوس إيه ستار". وتختلف أطياف الانبعاثات منخفضة الطاقة -التي رصدها الباحثون في هذه الثنائيات- عن الأطياف مرتفعة الطاقة، المرتبطة بمجموعة الأقزام البيضاء المتراكمة، التي تسود الفراسخ الفلكية الثمانية المركزية للمجرة. وتشير خصائص ثنائيات الأشعة السينية هذه -وبالأخص توزيعها المكاني، ودالة سطوعها- إلى وجود مئات النظم الثنائية في الفرسخ الفلكي المركزي للمجرة، والمزيد من الثقوب السوداء المنعزلة. ولا يمكن استبعاد وجود إسهام في الانبعاث المرصود (يصل إلى حوالي ثُلث عدد ثنائيات الأشعة السينية) من إحدى مجموعات النجوم النابضة بالمِلِّي ثانية، التي تستمد طاقتها من الدوران. والتوزيع المكاني للنظم الثنائية يدل على تاريخ تكوُّنها، سواء في القرص النجمي حول ثقب "ساجيتاريوس إيه ستار"، أم عبر سقوطها من تجمعات كروية. ويقيّد هذا التوزيع الكثافة العددية للمصادر في نمذجة موجات الجاذبية القادمة من البقايا النجمية الضخمة، مثل النجوم النيوترونية، والثقوب السوداء.

doi:10.1038/nature25029

C. Hailey *et al.*



الشكل أسفله | توزيع نسبة الصلابة (HR2) للمصادر النقطية للأشعة السينية التي لها أعداد إجمالية C ≥ 100، عند مسافة نصف قطرية متوقعة من "ساجيتاريوس إيه ستار" (Sgr A*). أ، مصادر لمسافة *r* أقل من فرسخ فلكي واحد. ب، مصادر لمسافة *r* أكبر من فرسخ فلكي واحد وأصغر من 3.8 فرسخ فلكي. تظهر نسبة كبيرة من المصادر التي لها HR2 أكبر من 0.1- وأصغر من 0.3 عند مسافة *r* أقل من فرسخ فلكي واحد (أ). من بين المصادر الـ66 في الحلقة (ب)، لدى اثنين (3%) HR2 أقل من 0.3، بينما من بين المصادر الـ27 في الدائرة الداخلية (أ)، لدى 12 (44%) HR2 أقل من 0.3. يوضح اختبار كولموجوروف-سميرنوف أن دالة التوزيع التراكمي لنسبة الصلابة للمنطقة الحلقية غير متسقة مع نظيرتها للمنطقة الدائرية ($D = 0.545; P = 1.2 \times 10^{-6}$). وتم إدراج القيمتين الشاذّتين في ب، عند HR2 = -0.56 وHR2 = -0.74، في اختبار كولموجوروف-سميرنوف. ويتسببان -على أقصى تقدير- في مصدر واحد له HR2 أقل من 0.3 في أ، باحتمالية تبلغ حوالي 2%. كما يشير "اختبار مربع كاي" (اختبار χ^2) القائم على غياب الثبات الفراغي في نسبة الصلابة بين مسافة *r* أكبر من فرسخ فلكي واحد وأصغر من 3.8 فرسخ فلكي، ومسافة *r* أقل من فرسخ فلكي واحد، إلى مجموعة مختلفة من المصادر لمسافة *r* أقل من فرسخ فلكي واحد ($P = 8.8 \times 10^{-12}$). وهناك مزيد من المناقشة لاختبار كولموجوروف-سميرنوف، والقيم الشاذة، واختبار مربع كاي (البيانات الموسعة، الشكل 3 من البحث) في قسم "المنهج".

تنوع حيوي

الاحترار وتسارع ثراء النباتات على قمم الجبال

تُعرَف التوجهات المتسارعة عالميًّا في التطور المجتمعي والتأثيرات البيئية البشرية منذ منتصف القرن العشرين باسم "التسارع الكبير". وقد نوقشت هذه التوجهات بوصفها مؤشرًا رئيسًا لبدء عصر الأنثروبوسين. وعلى الرغم من تضاعف التقارير حول الاستجابات البيئية (مثل التغيرات في نطاق الأنواع، أو الانقراض المحلي) تجاه التسارع الكبير، فمن غير المعروف ما إذا كانت هذه الاستجابات الحيوية تتعرض لتسارع مماثل مع مرور الوقت، أم لا. وتعود هذه الفجوة المعرفية إلى توفر البيانات المحدود للسلاسل الزمنية المتعلقة بتغيرات التنوع البيولوجي على مدار نطاقات زمنية وجغرافية كبيرة. يَستخدِم الباحثون - في البحث المنشور - مجموعة بيانات من دراسات استقصائية متكررة لنباتات من 302 قمة جبلية بأنحاء أوروبا، تغطي 145 عامًا من الرصد، لتقييم المسار الزمني لتغيّرات التنوع البيولوجي للجبال،

باعتبارها أثرًا متسقًا عالميًّا لعصر الأنثروبوسين. وتوصّل الباحثون إلى وجود تسارع على مستوى القارة في معدل زيادة ثراء الأنواع النباتية، بزيادة تعادل خمسة أضعاف ثراء الأنواع بين عامي 2007، و2016، مقارنة بثرائها قبل خمسين عامًا، بين عامي 1957، و1966. ويتزامن هذا التسارع بشكل مدهش مع الاحترار العالمي المتسارع، ولا يرتبط بمسبِّبات التغيير العالمية البديلة. وتوضح الزيادات المتسارعة في ثراء الأنواع على قمم الجبال بأنحاء هذا النطاق المكاني الواسع أن التسارع في التغير الحيوي الناجم عن تغيُّر المناخ يحدث حتى في الأماكن النائية من الأرض، مع وجود عواقب محتمَلة واسعة المدى، لا تقتصر على التنوع البيولوجي فحسب، وإنما تتعداه، وصولًا إلى أداء النظم البيئية لوظائفها وخدماتها.

Doi: 10.1038/s41586-018-0005-6

M. Steinbauer *et al*.

أبحاث انتقالية

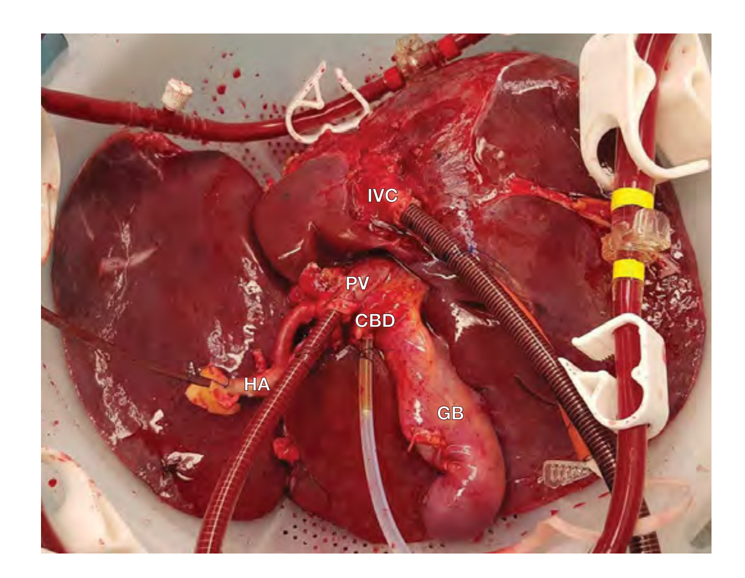
الحفظ سَوِيّ الحرارة في عمليات زرع الكبد

تُعتبر زراعة الكبد أسلوبًا علاجيًّا ناجحًا جدًّا، لكن يحدّه بشدة نقْص توافُر الأعضاء من مُتبرعين. وحتى الأعضاء المتبرَّع بها، كثير منها لا يمكن استخدامه، وذلك لكون الأكباد دون المُثْلَى لا تتحمل التخزين البارد التقليدي، ولا توجد طريقة موثوقة لتقييم مدى حيوية العضو قبل العملية الجراحية. أما الإرواء الآلي سَوِيّ الحرارة، فيحافظ على إبقاء الكبد في حالة فسيولوجية، كما يتفادى التبريد، ويتيح اكتمال الشفاء، وإجراء اختبار وظيفي للعضو.

في البحث المنشور، يُظهِر الباحثون أنه في تجربة عشوائية لعدد 270 عملية زرع كبد، وُجد أن الحفظ سَوِيّ الحرارة - مقارنة بالتخزين البارد التقليدي الثابت - يصاحبه تأذٍّ للطعم أقل بنسبة 50%، يُستدل عليه من مقدار إفراز إنزيم الخلايا الكبدية؛ وذلك رغم تراجع معدل التخلص من الأعضاء المتوفرة بنسبة 50%، وزيادة متوسط زمن الحفظ بنسبة 54%. ولم يكن ثمة اختلاف جوهري في المضاعفات الحادثة في قناة الصفراء، أو في معدل بقاء الطعم، أو بقاء المريض على قيد الحياة. وإذا تُرجمت هذه النتائج إلى ممارسات إكلينيكية؛ فسيكون لها تأثير كبير على نتائج عمليات زرع الكبد ومعدل الوفيات بين قوائم الانتظار.

doi:10.1038/s41586-018-0047-9

D. Nasralla *et al*.



الشكل أسفله | صورة للكبد في أثناء الإرواء الآلي سَوِيّ الحرارة. الشريان الكبدي (HA)، والوريد البابي (PV)، والوريد الأجوف السفلي(IVC)، وقناة الصفراء المشتركة (CBD)، جميعها مقنّاة. كما تظهر المرارة (GB) أيضًا، رغم أنها كانت تُزال عادة في أثناء خطوة استعادة العضو قبل الإرواء الآلي سَوِيّ الحرارة (NMP). استُخدمت هذه الصورة بموافقة أسرة المتبرع.

ميكانيكا الكم

تحدِّي الواقعية المحلية باختيارات بشرية

اختبار "بِل" هو تجربة عشوائية تقارِن الأرصاد التجريبية بالنظرة العالمية الفلسفية للواقعية المحلية، حيث إن خصائص العالَم المادي غير معتمِدة على رَصْدنا لها، ولا تسافر أيّ إشارة بسرعة أكبر من سرعة الضوء. يتطلب إجراء اختبار "بِل" تشابكًا موزَّعًا فراغيًّا، وكشفًا سريعًا وعالي الكفاءة، وإعدادات قياس لا يمكن التنبؤ بها. وبالرغم من أنه يمكن للتكنولوجيا أن تستوفي أول اثنين من هذه الشروط، فإن استخدام أجهزة مادية لاختيار الإعدادات في اختبار "بِل" يتضمن وضع فرضيات حول المبادئ الفيزيائية التي يهدف المرء إلى اختبارها، بَلْ إنّ بِل نفسه أشار إلى هذا القصور في استخدام اختيارات الإعداد الفيزيائية. وقد ناقش فكرة أنه يمكن استخدام "الإرادة الحرة" للبشر بدقة، لضمان عدم القابلية للتنبؤ في اختبارات "بِل".

في البحث المنشور، قَدَّم الباحثون مجموعة من اختبارات الواقعية المحلية باستخدام اختيارات بشرية، وهي تتجنب الافتراضات حول قابلية التنبؤ في الفيزياء. وقام الباحثون بالاستعانة بحوالي 100 ألف شخص، لتجربة لعبة فيديو على شبكة الإنترنت تحفِّز الإدخال السريع والمتواصل لاختيارات لا يمكن التنبؤ بها، وتوضح منهجية اختبار "بِل". أنتج المشاركون 97,347,490 اختيارًا ثنائيًّا، وتم توجيههم - عبر منصة شبكية قابلة للتوسع - نحو 12 مختبرًا في خمس قارات، حيث اختَبَرتْ 13 تجربة الواقعيةَ المحلية باستخدام فوتونات وذرات مفردة، ومجموعات ذَرِّية، وأجهزة فائقة التوصيل. على مدار فترة امتدت إلى 12 ساعة في الثلاثين من نوفمبر عام 2016، استمر المشاركون من جميع أنحاء العالم في إمداد التجارب بتدفق متصل من البيانات، بلغ أكثر من ألف بِت في الثانية، واستَخدمَت التجارب بيانات بشرية مختلفة، لاختيار كل من إعدادات القياس.

تتناقض علاقات الترابط المرصودة بشدة مع الواقعية المحلية، والمواقع الواقعية الأخرى في السيناريوهات ثنائية وثلاثية الأجزاء. كما تشمل مخرجات المشروع سد "فجوة حرية الاختيار"، أي (احتمال تأثر خيارات الإعدادات بـ"متغيرات خفية"، للربط بخصائص الجسيمات)، والانتفاع من أساليب ألعاب الفيديو في التجميع السريع للعشوائية البشرية، واستخدام تقنيات الاتصال الشبكي، للمشارَكة العالمية في العلوم التجريبية.

Doi: 10.1038/s41586-018-0085-3

The BIG Bell Test Collaboration

تطور

استجابة تطوّرية تكيّفية لمورد تغذية غريب

يوفِّر نقل البشر للكائنات الحية على مستوى العالم موارد جديدة للأنواع البرية التي تُظهِر غالبًا حالة من عدم التكيّف في استجاباتها. فقد هلكت حشرات عاشبة أصلية، بسبب تَغَذِّيها على نباتات غريبة سامّة، كانت بمثابة "فخاخ بيئية".

في هذا البحث، يوثّق الباحثون "فخًّا تطوُّريًّا بيئيًّا" جديدًا، ينشأ من التأثير المعاكس؛ أي التوافق الشديد مع مورد غريب، على الرغم من نقص التكيّف معه، إذ تم إدخال نبات لسان الحَمَل السهمي (*Plantago lanceolate*) إلى غرب أمريكا الشمالية، عن طريق تربية الماشية في المزارع. وأدّت التغذية على هذا النبات الغريب إلى إطلاق مجموعة معزولة كبيرة العدد من الفراشة المحلية *Euphydryas editha*، نتيجةً للمبادلة طويلة الأمد بين خصوبة الأمهات، ووفيات النسل. ونتيجة لهذا الإطلاق، وعلى الرغم من انخفاض معدل نمو الحشرات عند تَغَذِّيها على هذا النبات الغريب، عزز نبات لسان الحمل على الفور معدل بقاء أعلى لليرقات، مقارنةً بالمضيف التقليدي للحشرات، وهو نبات *Collinsia parviflora*.

وَثَّقت أعمال سابقة أُجريت في ثمانينيات القرن العشرين تفضيلًا تطوُّريًّا لنبات لسان الحمل من جانب الحشرات البالغة التي تضع البيض. وتوقّع الباحثون أن استمرار الحشرات في هذا الاتجاه قد يعرِّضها للخطر، نظرًا إلى أن توفُّر نبات لسان الحمل للفراشات يتحكم فيه الإنسان الذي يغيّر ممارسات إدارة الأراضي بشكل أسرع من تطوّر الفراشات. وفي هذا البحث، يعلن الباحثون عن تحقُّق هذا التوقّع. فقد انصرفت الفراشات عن نبات *Collinsia*، وطوّرت اعتمادًا كليًّا على نبات لسان الحمل. وهكذا تشكّل الفخّ. ففي عام 2005، سحب البشر مواشيهم، ناصبين الفخّ؛ فنَمَت الأعشاب حول نبات لسان الحمل، مبرِّدة الحشرات المُحِبة للحرارة، التي انقرضت بعد ذلك. كان من الممكن درء هذا الانقراض المحلي، لو حافظت مجموعة الحشرات على استخدامها لنبات *Collinsia* جزئيًّا، وهو النبات الذي استوطن موائل دقيقة أكثر جفافًا، لم تتأثر بغياب الماشية.

وسرعان ما انحسر نموّ الأعشاب، ما جعل المراعي مناسِبة مجددًا لتتغذى فراشات *Euphydryas* على أيٍّ من

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

النباتَين المضيفين، لكنْ لم تُرصد أية فراشات منذ عام 2008 حتى عام 2012. وفي عامي 2013، و2014، عاودت فراشات *Euphydryas* - التي تتغذى على نبات *Collinsia* فقط - استيطان الموقع طبيعيًّا، معيدةً النظام إلى نقطة البداية، ومهيِّئةً الساحة لتكرار دورة التطور بشرية المنشأ.

Doi: 10.1038/s41586-018-0074-6

M. Singer *et al*.

الشكل أسفله | التغيّرات في تفضيلات الفراشة المحلية *E. editha*، والنظام الغذائي لليرقات، وكثافة مجموعاتها. (أ)التغيّرات في نسب الحشرات البالغة، التي تفضِّل وضع بيضها على نباتَي لسان الحمل السهمي (*Plantago*)، و *Collinsia*. ولا يشكّل الرسمان البيانيان صورًا متطابقة، نظرًا إلى عدم تمثيل الحشرات التي لا تبدي أفضلية معينة. والتغيّرات في مدى التفضيل موضحة في الشكل 7 الخاص بالبيانات الموسّعة في البحث المنشور. (ب) التغيّرات في النظام الغذائي لليرقات. رجع اختفاء اليرقات من على نبات *Collinsia* بين عامي 1988، و1989 إلى التقييد المكاني المؤقت في أثناء فترة حرجة، وبعدها؛ ففي هذين العامين، اقتصر وجود اليرقات على نباتَي لسان الحمل السهمي، والبنسطمون (*Penstemon*)،(الجدول 1 للبيانات الموسعة، والشكل 2 للبيانات الموسعة في البحث المنشور). (ج) التغيّرات في كثافة اليرقات. في الأشكال الثلاثة، تمثّل الأرقام في الرسوم البيانية أحجام عيّنات مستقلة بيولوجيًّا: حشرات بالغة فردية (أ)، أو مجموعات اليرقات (ب وج). أعمدة الخطأ = فترات ثقة بنسبة 95%، محسوبة استنادًا إلى المنهج الذي طوّره نيوكوم، مع تصحيح الاستمرارية. بيانات المصدر مشار إليها في جدول البيانات الموسع 3 في البحث المنشور. ولم توضح أعمدة خطأ للنظام الغذائي لليرقات في سنوات عدم كفاية العيّنات (1982، و1983، و2015)، والتعداد الكلي (1988، و1989، و2014)، أو أحدهما.

رياضيات تطبيقية

تقليل حجم أسطول مَركَبات التنقل الحضري

لقد مهدت تقنيات المعلومات والاتصالات الطريق أمام حلول جديدة للتنقل الحضري، من شأنها توفير طرق أفضل للمواءمة بين عدد الأفراد والمَركَبات التي تعمل تحت الطلب، لكن ثمة مشكلة أساسية لم تُحلّ بعد، وهي تحديد أفضل طريقة لتحديد حجم أسطول من المَركَبات، وتشغيله، باعتبار أن هناك طلب محدد على التنقل الشخصي. وفيما يتعلق بالدراسات السابقة، فهي إما أنها لا توفر حلولًا قابلة للتوسع، أو تتطلب تغييرات في سلوك البشر في التنقل.

يوفر الباحثون في البحث المنشور حلًّا قائمًا على الشبكات لمشكلة "الحد الأدنى للأسطول"، استنادًا إلى مجموعة من الرحلات (محددة بالمصدر، والوجهة، وزمن البدء)، وهو كيفية تحديد أقل عدد مطلوب من المركَبات؛ لتلبية جميع الرحلات، دون تكبد الركاب أي تأخير. فمِن خلال طرح فكرة "شبكة تشارُك المَركَبات"، يُقدِّم الباحثون حلًّا مثاليًّا فعالًا من الناحية الحسابية للمشكلة، إلى جانب حل شبه مثالي قابل للتنفيذ الآنّي. يَختبر الباحثون كلا الحلّين على مجموعة بيانات تشمل 150 مليون رحلة سيارة أجرة تمت في مدينة نيويورك على مدار سنة. والتنفيذ الآنّي لهذه الطريقة بمستويات خدمة شبه مثالية يسمح بتخفيض حجم الأسطول بنسبة 30 في المئة، مقارنة بالتشغيل الحالي لسيارات الأجرة. وبالرغم من أن القيود على توفُّر السائقين، ووجود طلبات لرحلات غير عادية قد يؤدي إلى قيمة مثالية أكبر نسبيًّا لحجم الأسطول، مقارنةً بالقيمة التي تنبأ بها الباحثون في البحث المنشور، فإن حجم الأسطول يبقى فعالًا في نطاق واسع من التنوعات في الطلب السابق على الرحلات. تَنْتُج هذه الانخفاضات المتوقعة في حجم الأسطول بشكل مباشر من إعادة تنظيم إرسال سيارات الأجرة التي يمكن تنفيذها باستخدام تطبيق حضري بسيط. ولا تَفترِض هذه الانخفاضات تشارُك الرحلات، ولا تتطلب تغييرات في اللوائح، أو نماذج العمل، أو سلوك البشر في التنقل. وقد تصبح نتائج الباحثين أكثر ملاءمة في الأعوام القادمة مع تحوُّل أساطيل السيارات ذاتية القيادة المتصلة بشبكة إلى شيء مألوف.

Doi: 10.1038/s41586-018-0095-1

M. Vazifeh *et al*.

علم الزواحف

الكشف عن أصل الحرشفيات

تُعَدّ الحرشفيات الحديثة (السحالي، والثعابين، والسحالي المنتمية إلى المجموعة Amphisbaenia) هي مجموعة رباعيات الأرجل الأكثر تنوعًا في العالم إلى جانب الطيور، ولها تاريخ تطوري طويل، حيث يرجع تاريخ أقدم حفرياتها المعروفة إلى فترة العصر الجوراسي الأوسط، قبل 168 مليون سنة. ويُعَدّ الأصل التطوري للحرشفيات مثيرًا للجدل لعدة أسباب؛ الأول: أن ثمة فجوة أحفورية زمنية تُقدَّر بحوالي 70 مليون سنة بين أقدم الحفريات المعروفة، والأصل المُقدَّر للحرشفيات. والثاني: هو محدودية عدد عينات الحرشفيات في دراسة تطور سلالات الزواحف. والثالث: هو نقاط التعارض بين النظريات المورفولوجية والجزيئية فيما يتعلق بأصل الحرشفيات التاجية. في البحث المنشور، يسلط الباحثون الضوء على هذه المشكلات باستخدام بيانات التصوير المقطعي المحوسب بالأشعة السينية دقيقة البؤرة عالية الدقة، المجراة على الزاحف الحفري المفصلي *Megachirella wachtleri* (من العصر الترياسي الأوسط، من جبال الألب الإيطالية). كما يقدمون أيضًا مجموعة بيانات تطورية كبيرة، تجمع بين الحفريات والأصناف الموجودة حاليًّا، وكذلك بيانات مورفولوجية وجزيئية. وقد عمد الباحثون إلى تحليل مجموعة البيانات هذه في ظل معايير مثالية مختلفة؛ لتقييم علاقات الزواحف ثنائية القوس، وأصول الحرشفيات.

تعيد النتائج التي توصل إليها الباحثون تشكيل تاريخ تطور سلالات ثنائيات القوس، كما تقدِّم دليلًا على أن *M. wachtleri* هو أقدم جذع حرشفي معروف إلى الآن. ويزيد عمر النوع *Megachirella* عن أقدم الحفريات الحرشفية المعروفة بحوالي 75 مليون سنة، ما يملأ جزئيًّا الفجوة الزمنية الأحفورية في أصل السحالي، ويُظهِر اكتسابًا أكثر تدرجًا لخصائص الحرشفيات في تطور ثنائيات القوس عما كان يُعتقد سابقًا.

وهذه هي المرة الأولى - على حدّ علم الباحثين - التي تتفق فيها البيانات المورفولوجية والجزيئية حول المراحل المبكرة لتطور الحرشفيات، مع كون الأبراص، وليس زواحف الإجوانا، هي أقدم نوع في فرع الحرشفيات التاجية. وتبيِّن تقديرات زمن التباين - باستخدام ساعات مسترخية مورفولوجية وجزيئية مجتمعة - أن اللبيدوصورات ومعظم ثنائيات القوس الأخرى قد نشأت قبل حدث الانقراض في الحقبة البرمية/الترياسية، ما يشير إلى أن العصر الترياسي كان فترة انتشار – لا فترة نشأة - لعدة سلالات من ثنائيات القوس.

Doi: 10.1038/s41586-018-0093-3

T. Simões *et al*.

علم الإنسان الاجتماعي

تطور فيروسات التهاب الكبد "بي"

يُعتبر فيروس التهاب الكبد الوبائي "بي" HBV سببًا رئيسًا لالتهاب الكبد في البشر، لكن ثمة درجة كبيرة من عدم التيقن حول الجدول الزمني لتطوره وارتباطه بالبشر.
في البحث المنشور، يقدم الباحثون 12 جينومًا، إمّا كاملًا، أو جزئيًّا لفيروس التهاب الكبد الوبائي "بي" القديم، في فترة تتراوح ما بين 0.8 و4.5 ألف سنة مضت تقريبًا. وتنحسر التسلسلات القديمة إمّا ضمن المجموعات الحيوية من الفيروس الموجودة لدى البشر الحاليين، أو غيرهم من القردة، أو تكون على علاقة قريبة بها. وبشكل عام، تتبع خصائص الجينوم خصائص النوع الحديث من هذا الفيروس.
يُتوقع أن تعود جذور الفيروس إلى ما بين 8.6 و20.9 ألف سنة مضت. ويقدِّر الباحثون أن يتراوح معدل استبدال النوكليوتيد بين 10^{-6} x 8.04، و 10^{-5} x 1.51 عملية تبادل لكل موقع، كل سنة. في العديد من الحالات، لا تتطابق المواقع الجغرافية للأنماط الجينية القديمة مع التوزيعات الحالية. ويبدو أن الأنماط الجينية الشائعة في أفريقيا وآسيا اليوم، وكذلك نمطًا جينيًّا فرعيًّا من الهند، كان لها أصول أوراسيوية مبكرة. وتتوافق الأنماط الجغرافية والزمنية التي يرصدها الباحثون في الأنماط الجينية القديمة والحديثة للفيروس مع الهجرات البشرية الموثقة جيدًا خلال العصرين البرونزي، والحديدي. يقدم الباحثون دليلًا على نشوء النمط الجيني "إيه" للفيروس، من خلال إعادة التركيب، وكذلك وجود ترافق طويل الأمد بين الأنماط الجينية الحديثة للفيروس، والبشر، بما في ذلك اكتشاف النمط الجيني البشري المنقرض الآن. ومن ثم، تظهر بيانات الباحثين قَدْرًا من التعقيد في عملية تطور الفيروس HBV، لا يكون واضحًا عند دراسة التسلسلات الحديثة وحدها.

Doi: 10.1038/s41586-018-0097-z

B. Muhlemann *et al.*

الشكل أعلاه | التوزيع الجغرافي للعيّنات التي تم تحليلها، والأنماط الجينية الحديثة. أ، توزيع الأنماط الجينية الحديثة لفيروس التهاب الكبد الوبائي "بي" HBV الذي يصيب البشر. والأنماط الجينية ذات الصلة بهذا الحرف موضحة بالألوان. وتشير الأشكال الملوّنة إلى مواقع العينات المحتوية على الفيروس، التي تم ضمّها إلى الدراسة لإجراء مزيد من عمليات التحليل، كما هو الحال في ب. ب، تظهر هنا مواقع عينات العصر البرونزي التي تم تحليلها على شكل دوائر، بينما تظهر عينات العصر الحديدي وما بعده على شكل مثلثات. وتشير العلامات الملوّنة إلى العينات التي وُجد فيها الفيروس. وتوجد عينات النمط الجيني "إيه" القديم في مناطق يهيمن عليها اليوم النمط الجيني "دي"، وينتمي HBV-DA27 إلى النمط الجيني الفرعي "دي 5" D5، الذي يوجد اليوم - بشكل شبه حصري - في الهند.

فسيولوجيا الأعصاب

الاستقبال الكهربائي لدى القرش والورنك

تمتلك الفقاريات الغضروفية القديمة - مثل أسماك القرش، والوَرنك، والراي - أعضاء حسية كهربائية متخصصة تكشف عن المجالات الكهربائية الضعيفة، وتنقل هذه المعلومة إلى الجهاز العصبي المركزي. وتستغل أسماك القرش هذه الحاسة الاستشعارية من أجل الافتراس، بينما قد تستخدمها أسماك الورنك أيضًا للكشف عن الإشارات الصادرة من أسماك من نوعها ذاته.
في البحث المنشور، يحلل الباحثون الخلايا الحسية الكهربائية لأسماك القرش، والورنك؛ لتحديد ما إذا كان بوسع الخصائص الفسيولوجية المتفردة الإسهام في ضبط الحواس المرتبط بالسلوك. ويوضح الباحثون أن أسماك القرش، والورنك تَستخدِم قنوات كالسيوم منخفضةَ عتبةِ البوابة الفولتية متشابهة؛ لبدء النشاط الخلوي، في حين أنها تستخدم قنوات بوتاسيوم مختلفة؛ لتعديل هذا النشاط. فتُعبِّر الخلايا الحسية الكهربائية لدى أسماك القرش عن قنوات بوتاسيوم فولتية البوابة، متكيّفة بشكل خاص، تدعم واخزات فولتية غشائية متكرّرة كبيرة، قادرة على تحفيز إطلاق حويصلي يقارب الحد الأقصى من مشابك شريطية مفصّلة. وعلى النقيض من ذلك، تستخدم أسماك الورنك قناة بوتاسيوم مفعّلة بالكالسيوم؛ لإنتاج ذبذبات فولتية غشائية صغيرة قابلة للضبط، تستثير إطلاقًا حويصليًّا يعتمد على المنبِّهات. ويرى الباحثون أن هذا التكيُّف الحسي يدعم كشفًا مضخَّمًا غير مميِّز عن الإشارات في أسماك القرش، مقارنة بكشف انتقائي عن الترددات في الورنك، ما قد يعكس المتطلبات الاستقبالية الكهربائية لهذين النوعين صُفيحيِّي الخياشيم. توضح النتائج التي توصل إليها الباحثون كيف تتكيف الأنظمة الحسية لتناسب نمط الحياة أو البيئة الملائمة لحيوان ما، عن طريق التعديلات الجزيئية والبيوفيزيائية المنفصلة.

Doi: 10.1038/s41586-018-0160-9

N. Bellono *et al.*

علم الحفريات

التجميع الفسيفسائي لرؤوس الطيور

طرأ تعديل كبير على جماجم الطيور الحية عن الحالة التي وُجدت عليها أسلافها الديناصورية. تحتوي جماجم الطيور على منقار متضخم عديم الأسنان، أمام الفك العلوي، ونظام حركي معقد يشمل حنكًا ومعلّق فكّ متحركين. ويعلو القحف العصبي الممتد لدى الطيور على حماية مخ متضخم، وهو محاط بعضلات الفك المقرَّبة المتقلصة، بَيْدَ أن ترتيب ظهور هذه السمات، وطبيعة تجلياتها الأولى لا يزالان غير معروفين. يحتل الطائر *Ichthyornis dispar* ذو

الأسنان - الذي عاش في أواخر العصر الطباشيري - موضعًا محوريًّا في التطوّر النوعي خارج المجموعات الحية، فهو قريب من امتداد الطيور الموجودة اليوم، لكنه يحتفظ بالعديد من سمات الأسلاف. وعلى الرغم من استمرار تأكيد أهميته التطورية، لم توصف أي مادة قحفية رئيسة جديدة للنوع *I. dispar* بخلاف البقايا غير الكاملة المكتشَفة في سبعينيات القرن التاسع عشر. كما ترك لنا النوع Lagerstätten من العصر الجوراسي والعصر الطباشيري حفريات مهمة لطيور، لكن جماجمها في الغالب مُحطَّمة ومشوهة.

في البحث المنشور، يقدم الباحثون أربع عينات محفوظة، ثلاثية الأبعاد، للنوع *I. dispar*، تتضمن جمجمة كاملة بشكل غير اعتيادي، بالإضافة إلى عنصرين تم تجاهلهما سابقًا في النموذج YPM 1450 الموجود في متحف "بيبودي" الخاص بجامعة ييل. استخدم الباحثون هذه العينات، لتشكيل بنيان ثلاثي الأبعاد شبه مكتمل لجمجمة النوع *I. dispar*، باستخدام التصوير المقطعي المحوسب عالي الاستبانة.

وتكشِف الدراسة أن النوع *I. dispar* كان لديه منقار تَحَوُّلي – صغير الحجم، ويفتقر إلى رف حنكي، كما أنه محدود بطرفي الفكين – مقترن بنظام حركي مشابه لذلك الخاص بالطيور الحية. وعليه، فإن أجهزة التغذية لدى الطيور الموجودة اليوم قد تطورت في وقت أبكر مما كان يُعتقد سابقًا، وكانت مكوناتها متناسقة وظيفيًّا وتطوريًّا. كما كان الدماغ حديثًا نسبيًّا، لكنّ المنطقة الصدغية كانت – على عكس المتوقع - ديناصورية، إذ احتفظت بحجيرة مقرّبة كبيرة، تحدّها من الناحية الظهرية بقايا عظمية كبيرة تخصّ الفتحة الصدغية العلوية لأسلافها من الزواحف.

يوثق هذا المزيج من الصفات أن السمات المهمة لأدمغة الطيور وحنكها قد تطورت قبل تراجُع المجموعة العضلية للفك، والتحول الكامل للمنقار.

10.1038/s41586-018-0053-y

D. Field *et al*.

تطور

عوامل تطور حجم الدماغ البشري

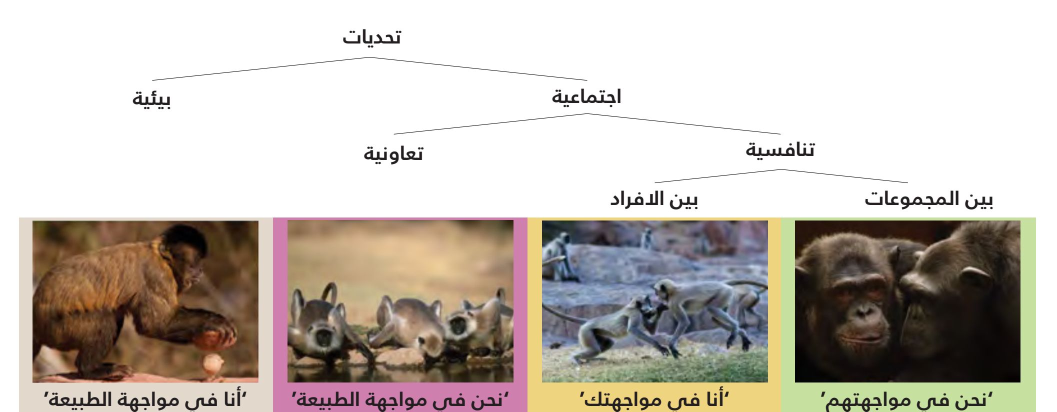
إنّ الدماغ البشري كبير بشكل غير عادي. فقد تضاعف حجمه ثلاث مرات منذ عصر إنسان الأسترالوبيثيسين، وصولًا إلى الإنسان الحديث، وأصبح أكبر بستة مرات مما هو متوقع لثديي مشيمي بحجم الإنسان. وللأدمغة تكلفة استقلابية عالية، وبالتالي فإن السؤال الذي طالما طُرِح هو: لماذا تطوَّر الدماغ البشري الكبير؟ تقترح الفرضيات الرئيسة وجود فوائد لعملية تحسن الإدراك، للتغلب على التحديات البيئية، أو الاجتماعية، أو الثقافية، لكن هذه الفرضيات تُقيَّم عادةً باستخدام التحليلات الارتباطية، ويظل تحديد أسباب تطور حجم الدماغ صعبًا. في البحث المنشور، يقدّم الباحثون نهجًا استقلابيًّا يسمح بإجراء تقييم سببيّ للفرضيات الاجتماعية لتطوّر حجم الدماغ. يُنتِج هذا النهج توقعات كميّة لحجم الدماغ والجسم من الفرضيات الاجتماعية المشكَّلة، استنادًا إلى التقديرات التجريبية للتكاليف الاستقلابية التي يتكبدها الدماغ.

ويتنبأ نموذج الباحثين بتطور الأدمغة والأجسام في أحجامها في الإنسان العاقل البالغ عندما يواجه الأفراد مزيجًا يتكوّن من 60% من التحديات البيئية، و30% من التحديات التعاونية، و10% من التحديات التنافسية بين الجماعات. ويشير النموذج كذلك إلى أن المنافسة بين الأفراد أثبتت عدم أهميتها في الدفع بتطور حجم الدماغ البشري؛ بل وأن اتساع الدماغ في جنس الهومو كان مدفوعًا بالتحديات البيئية وليست الاجتماعية، وربما عززته بشدة الثقافة. وهكذا، فإن النهج الاستقلابي الذي يقدّمه الباحثون يسمح بإجراء تقييمات سببية تُصقِل فرضيات تطور حجم الدماغ، وتفندها، وتوّحدها.

Doi :10.1038/s41586-018-0127-x

M. González-Forero *et al*.

الشكل أسفله | الفرضيات البيئية والاجتماعية لازدياد حجم الدماغ. تركز الفرضيات البيئية على التحديات "في مواجهة الطبيعة"، في حين تركز الفرضيات الاجتماعية على التحديات التي تنطوي على شركاء اجتماعيين. وفي هذا الشكل، يقسّم الباحثون هذه الفرضيات إلى أربعة أنواع من التحديات التي من المتوقع أن تحفز عمليات تطورية مختلفة.



تغير المناخ

الفوائد الاقتصادية لتخفيف الاحترار

عادة ما تحدد اتفاقيات التغير المناخي الدولية الحدود القصوى للاحترار العالمي كأهداف سياسية، لكن لا تزال الفوائد الاقتصادية المرتبطة بالوصول إلى درجات الحرارة المستهدفة هذه غير مفهومة جيدًا. تشمل أوجه الغموض النمط الفراغي لتغيُّر درجة الحرارة، وكيفية استجابة الناتج الاقتصادي العالمي والإقليمي لهذه التغيرات، واستعداد المجتمعات لمقايضة أنماط استهلاكها الحالي بالمستقبلي.

في البحث المنشور، يجمع الباحثون بين الأدلة التاريخية، والتوقعات المناخية والاجتماعية الاقتصادية، على المستوى الوطني؛ لتقدير حجم الأضرار الاقتصادية المرتبطة بأهداف الأمم المتحدة لإبقاء الاحترار العالمي عند درجة مئوية ونصف الدرجة، ودرجتين، وتلك المتعلقة بالتزامات الأمم المتحدة الحالية للتخفيف من الاحترار على المستوى الوطني (التي تقترب مجتمعةً من 3 درجات مئوية من الاحترار).

ووجد الباحثون أنه بحلول نهاية القرن الحالي، هناك احتمال بنسبة تتخطى 75% أن يؤدي تقييد الاحترار عند درجة ونصف الدرجة إلى خفض الأضرار الاقتصادية، مقارنة بتقييده عند درجتين مئويتين، واحتمال بنسبة تتخطى 60% أن تتجاوز الفوائد العالمية المتراكمة 20 تريليون دولار أمريكي في ظل معدل خصم 3% (بسعر صرف الدولار لعام 2010). كما يقدِّر الباحثون أيضًا أن هناك احتمالًا بنسبة تفوق 75% أن تشهد 71% من البلدان - التي تمثل 90% من التعداد العالمي - انخفاضًا في الأضرار الاقتصادية عند الاحترار بمقدار درجة ونصف الدرجة، مع كون البلدان الأكثر فقرًا هي الأكثر استفادة.

وقد تقلل نتائج الباحثين من تقدير فوائد تقييد الاحترار عند درجة ونصف الدرجة، في حال حدوث النتائج المتطرفة غير المسبوقة - مثل الارتفاع واسع النطاق في مستوى سطح البحر - مع الاحترار بمقدار درجتين مئويتين، وليس بمقدار درجة ونصف الدرجة. وقد يؤدي إدراج نقاط الغموض الأخرى غير المحددة إلى تقديرات أقل دقة للتأثير الناتج، وهي تشمل مثلًا عدم التيقن بشأن معدلات النمو طويل المدى فيما هو أبعد من المعدلات المتضمنة في السيناريوهات الاجتماعية الاقتصادية الموجودة حاليًّا.

وقد وجد الباحثون معدلات انخفاض أكبر كثيرًا في الناتج الاقتصادي العالمي فيما يتخطى الاحترار بدرجتين مئويتين. وبالنسبة إلى عالَم لم يزد فيه الاحترار عن مستويات الفترة من عام 2000 إلى عام 2010، يتوقع الباحثون انخفاضًا بمقدار 15-25% في الناتج الفردي بحلول عام 2100 مع الاحترار العالمي بين درجتين ونصف الدرجة، وثلاث درجات مئوية، الذي تنطوي عليه الالتزامات القومية الحالية، ومعدلات انخفاض تزيد على 30% مع الاحترار بمقدار 4 درجات مئوية.

وبالتالي، تشير نتائج الباحثين إلى أن الوصول إلى هدف الدرجة ونصف الدرجة من المرجح أن يقلل الأضرار الكلية، ويحدّ من التفاوت العالمي، وأن الفشل في تحقيق هدف الدرجتين المئويتين من المرجح أن يزيد الأضرار الاقتصادية بشكل ملحوظ.

Doi: 10.1038/s41586-018-0071-9

M. Burke *et al*.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

صندوق الأدوات

ثورة الاستشعار عن بُعْد في علم البيئة

أصبحت بيانات الأقمار الصناعية والأدوات التي يستخدمها علماء البيئة لتحليل هذه البيانات أكثر وفرة، وأصبح الوصول إليها أكثر يسرًا من أي وقت مضى.

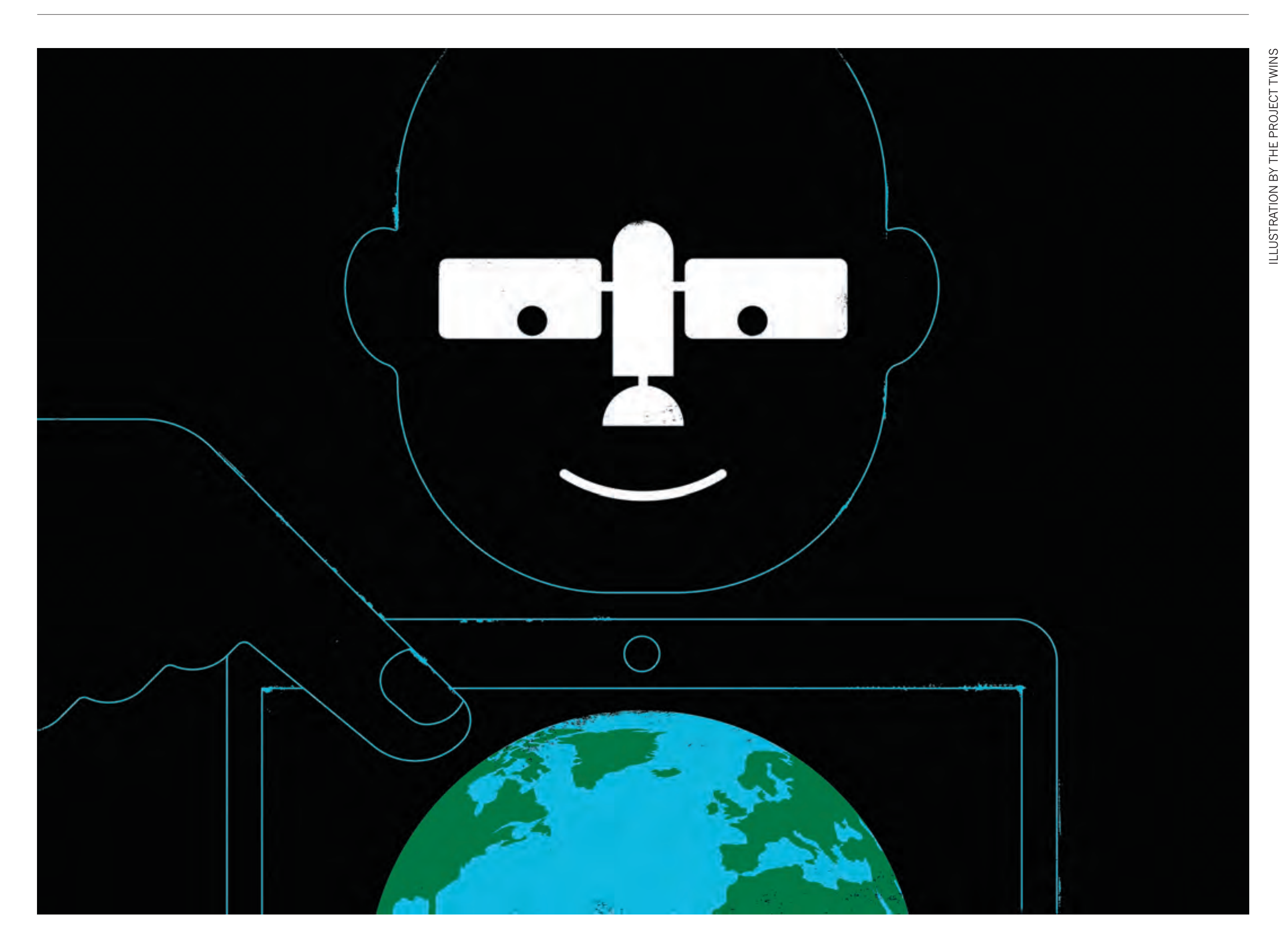


ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

روبرتا كووك

عندما بدأ عالِم البيئة، نيكولاس موراي، التنقيب في بيانات الاستشعار عن بُعد لمشروع رسالة الدكتوراة الخاصة به، لم يكن يدري مدى صعوبة هذه المهمة. أراد موراي الوقوف عند سبب تناقص أعداد الطيور الساحلية المهاجرة عبر قارة آسيا. ولمّا كانت هذه الطيور تتوقف في أماكن يصعب على موراي دخولها، مثل الصين، وكوريا الشمالية، لجأ إلى بيانات الأقمار الصناعية لتقييم موئلها.

عندما بدأ موراي المشروع في عام 2010، ظن أنه سيستغرق بضعة أشهر، لكنه في النهاية استغرق قرابة العام. أولًا، كان على موراي تحميل البيانات التعريفية لحوالي 5,500 صورة من صور الأقمار الصناعية الخاصة بالحكومة الأمريكية، والمتاحة للجمهور، من أجل تحديد صور الأراضي الرطبة المعرضة للمدّ والجَزْر، التي التُقِطت في أثناء الجَزْر المنخفض الحادث على طول البحر الأصفر الذي يَحُد الصين وشبه الجزيرة الكورية. وكتب، بعد ذلك، شفرة برمجية مخصصة لتصنيف الغطاء الأرضي في مجموعة أخيرة مكوّنة من 80 صورة. وكانت توجد بالفعل خوارزمية للتمييز بين الماء واليابسة، لكن موراي كان بحاجة إلى إجراء تعديلات يدوية لكل صورة. واكتشف أن أكثر من ربع الأراضي الرطبة قد اختفى في الفترة ما بين ثمانينيات القرن العشرين، والعقد الأول من القرن الواحد والعشرين.

لكن التحليل لم يكن سهلًا، إذ يسترجع موراي، الذي يعمل حاليًّا بجامعة نيو ساوث ويلز في كِنزنجتون بأستراليا: "كنت أقول لنفسي طوال فترة إجراء هذه العملية: 'هذا أمر بالغ الصعوبة. إنه شيء لا يُصدَّق'".

كان من الممكن أن تكون مهمة موراي أسهل كثيرًا، لو أنها تمت اليوم. فقد طُوِّرَت أدوات عديدة؛ للوصول إلى بيانات الاستشعار عن بُعد، وتحليلها؛ ما يتيح لعلماء البيئة تناوُل المشكلات المتعلقة بالحفاظ على البيئة ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

واسعة النطاق على نحو أيسر. وتُقدِّم الهيئات الحكومية ومطورو المصادر المفتوحة والشركات التجارية كل شيء في هذا المجال، بدءًا من واجهات التأشير والنقر، وصولًا إلى البرمجيات الموجهة بسطر الأوامر. ويقول موراي عن تحليل بيانات الأقمار الصناعية لصالح أبحاث البيئة: "أعتقد أننا في أفضل وقت ممكن لإجرائها؛ فقد أصبح الوصول إليها شديد السهولة".

يشمل "الاستشعار عن بُعد" مجموعة من التقنيات لرصد شيء ما، دون لمسه. ويُشير المصطلح عادةً إلى جمع بيانات عن الأرض من الفضاء، أو من منصات محمولة جوًّا، عن طريق قياس الطاقة المنعكسة، أو المنبعثة عند أطوال موجية مختلفة. ويمكن للباحثين استخدام هذه البيانات للاستدلال - على سبيل المثال - على مستوى إزالة الغابات. وتقول أليسون لايدنر، وهي إحدى كبار علماء الدعم، المتعاقدين في برنامج أبحاث التنوع البيولوجي، التابع لوكالة ناسا في واشنطن العاصمة: "لقد شهدنا انطلاقة هائلة حقيقيّة في استخدام بيانات الأقمار الصناعية".

تعود بيانات أقمار "لاندسات" الصناعية - التي جمعتها وكالة ناسا، والهيئة الأمريكية للمسح الجيولوجي - إلى السبعينيات. وتتيح هذه البيانات إمكانية دراسة التغيرات الكوكبية على مدار عقود عديدة. وتقيس معدات المطياف الراديوي التصويري متوسط الاستبانة (MODIS) التابع لوكالة ناسا، التي أُطلِقت في عامي 1999، و2002، الإشعاع الشمسي المنعكس، والإشعاع المنبعث، وتُحوِّل البيانات تلقائيًّا إلى مؤشرات يسهل على علماء البيئة استخدامها، مثل اخضرار النباتات. وتوفر أقمار "سنتينل" التابعة لأوروبا، التي تراقب الأرض والمحيط والغلاف الجوي، بيانات منذ عام 2014.

يمكن للمستخدمين تصفح مجموعات من البيانات الحكومية المتاحة مجانًا عبر بوابات إلكترونية، مثل "إيرث داتا سيرتش"، التابعة لوكالة ناسا، و"إيرث إكسبلورر" التابعة للهيئة الأمريكية للمسح الجيولوجي، و"مركز كوبرنيكوس للوصول المفتوح" التابع لوكالة الفضاء الأوروبية. وتُقسَّم عادةً بيانات الأرض إلى مقاطع تُسمَّى "مناظر"، أو "لوحات"، وهي لقطات لطاقة ذات أطوال موجية مختلفة منعكسة من المنطقة التي تُلتقَط فيها، ولكنْ للحصول على استبانة مكانية وزمانية أعلى، قد يحتاج الباحثون إلى التفكير في خيارات تجارية.

تجمع أقمار "دوف" الصناعية – على سبيل المثال - التي تتولى تشغيلها شركة «بلانيت» في سان فرانسيسكو بكاليفورنيا، بيانات عالمية بدقة 3.7 متر - وهي درجة شديدة الوضوح بما يكفي لتمييز أشجار كبيرة فردية - حوالي مرة في اليوم. وفي المقابل، تلتقط أقمار "سنتينل-2" الصناعية - التي تُعَد من أدق الأقمار الصناعية الحكومية ذات البيانات المفتوحة والمجانية - صورًا بدقة 10 متر-بكسل، وتقدّم عينة لكل موقع كل خمسة أيام. ويمكن للباحثين الجامعيين التقدّم بطلبات للوصول المجاني إلى بيانات أقمار شركة "بلانيت" الصناعية لعشرة آلاف كيلومتر في الشهر، من خلال برنامج التعليم والأبحاث التابع للشركة. وبالمثل، يمكن للباحثين الأكاديميين في مجال البيئة أن يتقدّموا بطلبات للوصول المجاني إلى بيانات من أقمار صناعية ذات استبانة أقل من متر، تشغلها شركة «ديجيتال جلوب» في وستمينستر بكولورادو، من خلال مؤسسة «ديجيتال جلوب» غير الهادفة إلى الربح.

وصول سهل

على الرغم مما سبق ذكره، قد تكون مجموعات البيانات صعبة التناول. فتذكر كايلا دالين - وهي عالِمة جغرافيا بيئية بجامعة ولاية ميشيجان في مدينة إيست لانسنج - أن 30 عامًا من البيانات المُجمَّعة لمشهد واحد من "لاندسات" قد تتجاوز 1.5 تيرابايت "لمساحة أصغر من ميشيجان". وبرمجيات الرسوم المرئية لبيانات الاستشعار عن بُعْد قد لا تعمل جيدًا مع بعض تنسيقات الملفات. وبالرغم من أنه يمكن تحويل هذه الملفات إلى تنسيق أكثر سهولة في الاستخدام، فإن هذه الخطوة تضع عقبة أخرى، حسبما تقول سيندي شميدت، المديرة المعاونة لبرنامج "تطبيقات التنبؤ البيئي" بمركز أيمز للأبحاث، التابع لوكالة ناسا في موفيت فيلد بكاليفورنيا. فالمستخدمون قليلو الخبرة - حسبما تقول شميدت - "يرغبون في بعض الأحيان في الاستسلام؛ إذ ليس لديهم الوقت للتعامل مع مثل هذه الأمور".

ومع ذلك، تتوفر مصادر مجانية وتجارية. ففي عام 2017، أصدر فريق موراي أداة مجانية على الإنترنت تُسمَّى "ريماب"، تُمكِّن المستخدمين من وضع خرائط، بناءً على بيانات الاستشعار عن بُعد. فيوجه المستخدمون البرنامج لتصنيف أنواع الغطاء الأرضي، مثل الغابات، أو الأراضي الرطبة، عن طريق تحميل بيانات جغرافية مرجعية، أو تحديد وحدات البكسل، استنادًا إلى العمل الميداني، أو معرفة هؤلاء المستخدمين. وتستخدم أداة "ريماب"، بعد ذلك، التعلم الآلي لتصنيف وحدات البكسل المتبقية. وبداية من مارس 2018، بلغ عدد مَن استخدموا هذه الأداة حوالي 4,300 شخص من أكثر من 100 دولة، حسب قول موراي. وتُنشِئ أداة أخرى على الإنترنت، تُسمَّى "جلوبال فورست واتش"، خرائط لأنماط إزالة الغابات.

توصِي دالين باستخدام أداة "آبيرز" AppEEARS على الإنترنت (تطبيق لاستخراج عينات جاهزة للتحليل واستكشافها)، التي تتيح للمستخدمين الحصول على بيانات خاصة بموقع دراستهم، بدلًا من مشهد أو لوحة كاملة. ويوضح تومِ مايرسبرجر، وهو عالِم يعمل في مشروع في مركز المحفوظات الموزعة النشطة للعمليات الأرضية، التابع لوكالة ناسا في مدينة سو فولز بولاية داكوتا الجنوبية، وقاد تطوير الأداة: "تصوّر المحفوظات كبحيرة كبيرة من البيانات، ونحن نسمح للأشخاص أن يأتوا بحقنة، ويمتصوا العينة الصغيرة التي يريدونها". ويمكن للمستخدمين أن يُدخِلوا إحداثيات جغرافية، ومدى زمنيًّا، ومتغيرات ذات أهمية - مثل الغطاء الشجري - فيعيد البرنامج البيانات على هيئة ملف بقيم مفصولة بفواصل (CSV).

وبالمثل، يملك مركز المحفوظات الموزعة النشطة، التابع لمختبر أوك ريدج الوطني الأمريكي في ولاية تينيسي، أدوات لتقديم - على سبيل المثال - تسلسل زمني للاخضرار لموقع دراسة، كجدول بيانات، ورسم بياني، أو بيانات تمت معالجتها، مثل اضطراب الغابات المُستنتَج. ومن ثم، يمكن لعلماء البيئة تحليل الروابط بين الغطاء النباتي، والمتغيرات الأخرى، مثل مجموعات الحيوانات. وعلى سبيل المثال، درّس أعضاء إحدى الفِرَق جُزُر أندمان قبالة ساحل المحيط الهندي، ووجدوا أن الغطاء النباتي تدهور بشكل أسرع في المناطق التي تم إدخال الفيلة والأيل المرقط إليها.

وفيما يخص علماء البيئة الذين يرغبون في كتابة برامج التحليل الخاصة بهم، وفي الوقت نفسه تجنُّب عناء تحميل بيانات الأقمار الصناعية، يُعَد "محرك جوجل إيرث" خيارًا شائعًا. فقد قامت شركة جوجل بالفعل بتحميل مجموعات بيانات الأقمار الصناعية على خوادمها، ويمكن للباحثين الدخول عليها في السحابة مجانًا عبر واجهتَي "جافا سكريبت"، و"بايثون" البرمجيتَين الخاصتين بجوجل. وتتيح هذه الخدمة للباحثين إجراء تحليلات واسعة النطاق بصورة أسرع كثيرًا مما يمكنهم فعله على حواسيبهم المحلية.

استفاد موراي - على سبيل المثال - من قوة المعالجة هذه في رسم خرائط لمناطق المدّ والجَزْر العالمية بمرور الوقت. ونظرًا إلى أن تحليله استخدم 700 ألف صورة بالأقمار الصناعية، كان يمكن أن يستغرق سنوات على حاسوب واحد، لكنه استغرق أقل من أسبوع باستخدام "محرك جوجل إيرث". فهذه الأداة - حسبما يقول موراي - "أحدثت ثورة في نوعية التساؤلات التي يمكنني طرحها بخصوص الاستشعار عن بُعد".

وتذكر شركة جوجل أنه لا داعي لقلق المستخدمين من مطالبة الشركة بملكيتهم الفكرية، مثل الرموز البرمجية، والنتائج العلمية. ويقول نويل جورليك، وهو مهندس بشركة جوجل في زيورخ بسويسرا، شارك في تطوير "محرك جوجل إيرث": "تنص شروط الخدمة الخاصة بنا بوضوح على أن ملكيّتك الفكرية هي ملكيّتك الفكرية، ولا نطالب بأحقية امتلاكها بأيّ صورة". ومع ذلك، لا يزال مارتن ڤيجمان - الباحث في مجال الاستشعار عن بُعد في جامعة فورتسبورج بألمانيا - يفضل تحميل بيانات الأقمار الصناعية، وتشغيل الرمز البرمجي الخاص به على حاسوبه المحلي. ويقول ڤيجمان إنه بما أن التحليلات التي يقوم بها ضيقة النطاق، أو منخفضة الاستبانة نسبيًّا، فإن الأداء لا يمثّل مشكلة.

تشمل خيارات الحوسبة السحابية الأخرى مركز تحليل البيانات البيئية، الذي يديره مجلس مرافق العلم والتكنولوجيا في هارويل بالمملكة المتحدة، ومنصة خدمات كوبرنيكوس؛ لتيسير الحصول على البيانات والمعلومات التي تموّلها المفوضية الأوروبية، المقرر أن يبدأ العمل بها في يونيو، ومنصة جي بي دي إكس التابعة لشركة «ديجيتال جلوب».

خيارات المصادر المفتوحة

أيًّا كانت المنصة التي يختارها الباحثون، فهم يكتبون عادةً رمزًا مخصصًا لتوجيه تحليل البيانات، ويكون ذلك غالبًا باستخدام لغة البرمجة (آر). فڤيجمان وزملاؤه يطورون حزمة برمجية بلغة (آر)، اسمها "جِت سبايشل داتا"، ستتيح للمستخدمين تنزيل بيانات الأقمار الصناعية، دون استخدام واجهة متصفح. وطوّر فريقه كذلك حزمة أدوات RStoolbox لتحليل بيانات الاستشعار عن بُعْد، تتضمن خوارزميات مختلفة لحوسبة مقاييس الغطاء النباتي، كي لا يضطر المستخدمون إلى حساب معادلات خاصة بشكل منفرد.

ويمكن للباحثين كذلك استخدام تحليلات سطح المكتب التجارية، وحِزَم الرسوم المرئية، مثل "إي إن في آي" ENVI من شركة «هاريس» في ملبورن بفلوريدا، و"إيرداس إيماجين" ERDAS IMAGINE من شركة «هِكساجون جيوسبايشل» في ماديسون بألاباما، و"آرك جي آي إس" ArcGIS من شركة «إسري» في ريدلاندز بكاليفورنيا، بالإضافة إلى بدائل المصادر المفتوحة المجانية، مثل "كيو جي آي إس" QGIS.

وبما أن استخدام هذه الأدوات قد ينطوي على منحنيات تعلُّم حادة، تنصح أنيتا جريزر - عالِمة المعلومات الجغرافية في المعهد النمساوي للتكنولوجيا بفيينا، وعضو اللجنة التوجيهية بمشروع "كيو جي آي إس" - المبتدئين بتلقي دروس تعليمية عبر الإنترنت. ويُقدِّم البرنامج التطبيقي لوكالة ناسا للتدريب على الاستشعار عن بُعد حلقات دراسية عبر الإنترنت، كما تنظم الوكالة ورشات عمل في مؤتمرات علم البيئة والحفاظ عليها.

إنّ الاحتمالات مُغرية، لكنْ يجب على الباحثين التحلي بالحكمة. تقول لايدنر: "إذا أردت أن ترى كم مرة تزور الفراشة نباتًا ذا رحيق، فلن تلتقط ذلك عبر القمر الصناعي". أمّا فيما يخص المسائل واسعة النطاق، "فهي أداة على درجة هائلة من الفعالية". ■

روبرتا كووك كاتبة حرة، تعيش في مدينة كيركلاند بولاية واشنطن.

مهن علمية

مسابقة اكتشف القصص وراء مزيد من الصور
go.nature.com/competition ص. 61

أحداث نيتشر لمتابعة أهم الفاعليات العلمية، والندوات، والمؤتمرات، والورش: **arabicedition.nature.com/events**


وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**

JONAH REENDERS

في هذه الصورة الفائزة بالمركز الأول هذا العام، تأخذ كاللي فيلنتيرف عينات من عُش سلحفاة بحرية جلدية الظهر في أثناء بحثها الذي تجريه في غينيا الاستوائية.

مسابقة تصوير فوتوغرافي

وراء الكواليس

ترصد الصور الفائزة هذا العام العلماءَ، من أراضي القارة القطبية الجنوبية إلى سهول أفريقيا البركانية.

جاك ليمينج

فازت هذه الصورة - التي تَظهر فيها عالِمة الأحياء البحرية كاللي فيلنتيرف جاثيةً بجوار سلحفاة بحرية - بالمركز الأول في مسابقة دورية *Nature* للتصوير الفوتوغرافي لعام 2018، التي تحمل عنوان "عالِم أثناء تأدية عمله" (#ScientistAtWork)، وتحتفي بتنوّع وأهمية الأبحاث التي يكرس العلماء أجزاء كبيرة من حياتهم لها.

بدأت فيلنتيرف مؤخرًا العمل بوظيفة في شبكة إحياء جزيرة السلاحف في أوليما بولاية كاليفورنيا، حيث ستتولى حماية السلاحف جلدية الظهر (*Dermochelys coriacea*) وهي تضع بيضها على الشواطئ بأنحاء أمريكا الجنوبية والوسطى. وكجزء من برنامج دراستها لنيل درجة الماجستير في جامعة بيردو فورت واين بولاية إنديانا، عاشت فيلنتيرف وعالِم الأحياء جونا ريندرز - وهو متطوع في المشروع - حوالي نصف عام في خيام على جزيرة بيوكو في غينيا الاستوائية. وفي نوفمبر 2016، بعد مُضي شهرين على بقائهما هناك، التقط ريندرز هذه الصورة لفيلنتيرف وهي تأخذ عينات من عُش سلحفاة جلدية الظهر، قبيل وضعها للبيض. وتقول فيلنتيرف: "عشنا خمسة أشهر في خيمة. أكلنا فيها طعام الأطفال الرُّضع المجفف على الفطور كل يوم".

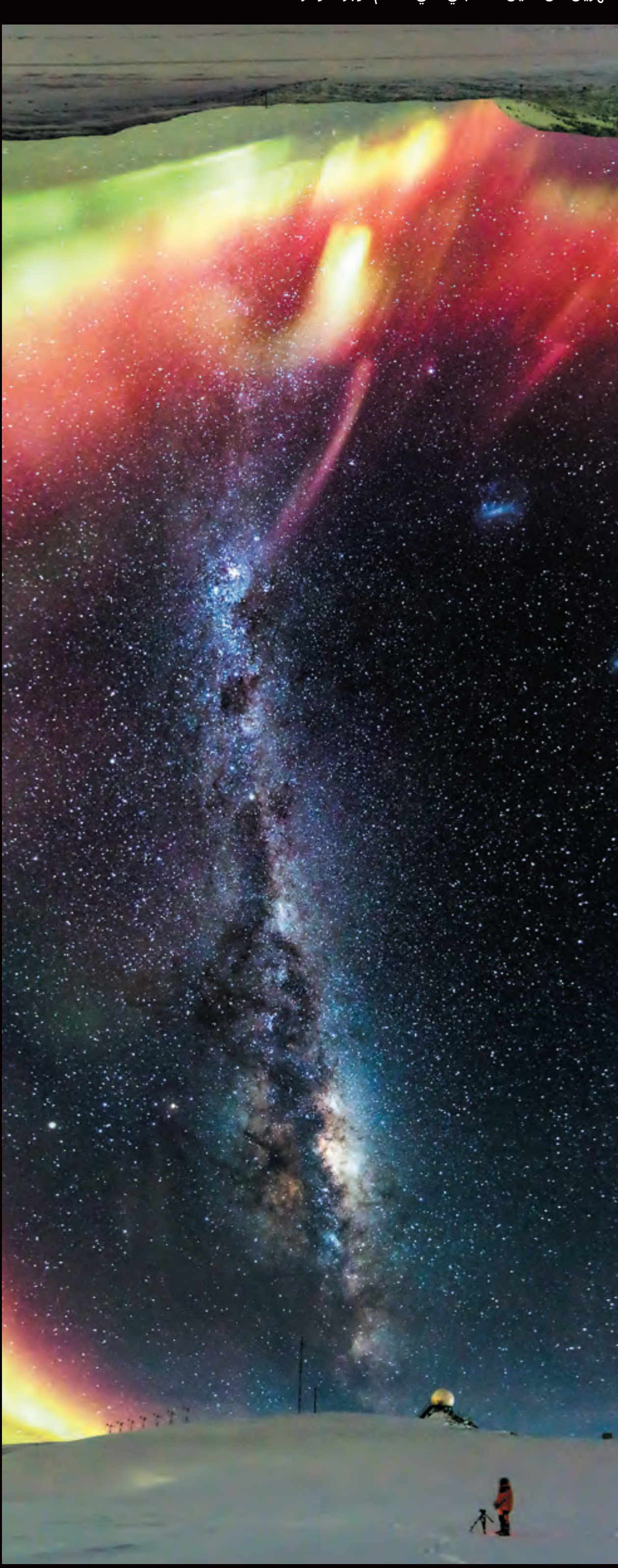
تلقّت مسابقة "عالِم أثناء تأدية عمله" هذا العام - وهو العام الثاني لها - حوالي 330 مشارَكة من جميع أنحاء العالم. وشاهدنا في هذه المشاركات علماء يعالجون أمراضًا في غرب أفريقيا، ويُعَدِّلون محاصيل وراثيًّا في أستراليا، ويتتبعون عادات بكتيريا الكهوف في وسط أوروبا. واختار المحررون الفنيون في دورية *Nature* المشارَكات الرابحة - التي يستعرضها هذا المقال - بناءً على تأثيرها البصري. وسيحصل الرابحون على اشتراك شخصي لمدة عام في دورية *Nature*.

يكرس العلماء وقتًا وطاقة لا نهائيين على مدار مسيراتهم المهنية للإجابة على أسئلة معينة، أو حلّ مشكلات محددة. وما تهدف إليه فيلينترف هو التصدي لتراجع معدل مواليد السلاحف - الذي يُعزَى غالبًا إلى التغيّر المناخي - بجميع أنحاء العالم. وتقول فيلينترف: "أريد أن أقضي حياتي في الحفاظ على موائل السلاحف".

وفيما يلي بقية الصور الفائزة في المسابقة.

الفضاء من القطب الجنوبي (هانج لي)

صورة بانورامية للسماء ليلًا من محطة زونجشان في القارة القطبية الجنوبية، التقطها عالم الجيوديسيا (المساحة التطبيقية)، هانج لي، من جامعة ووهان الصينية في هوبي. عاش لي شهرين من الليل القطبي في ظلام، وبرد، وعزلة.





الهبوط في ثقب بَالُوعي في الصخر (مايكل بيرد)

عالم البيئة مايك براند، وعالِم الأرصاد الجوية كوستيجن زوارت، اللذان يعملان في جامعة جيمس كوك في تاونسفيل بأستراليا، يُنزلان قاربًا بواسطة الحبال إلى ثقب بَالُوعي في الصخر، عمقه 40 مترًا في منطقة أرنهيم لاند؛ من أجل دراسة السجل الجيولوجي لهذه المنطقة.



نظارات (بوجدان ديريكا)

جوزيف بيكويث، عالِم الكيمياء الضوئية فائقة السرعة في جامعة جنيف بسويسرا، وزميله بوجدان ديريكا، الذي التقط هذه الصورة، يُعِدّان المعدات المصمَّمة لمعالجة ضوء الليزر.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

سهول الملح (هوجو مورز)

عالِم الأحياء الدقيقة هوجو مورز، وعالِمة الجيولوجيا ميكه دي كرين، بالتعاون مع مركز الأبحاث النووية البلجيكي في مول، يأخذان عينات من سهول الملح البركانية في شمال أثيوبيا، التي تُعَد إحدى أكثر البيئات قسوةً على سطح الأرض، إذ يحتوي الماء في ذلك المكان على 7 - 10 أضعاف محتوى ملح البحر، ومن ثم يمكن تسخينه لدرجات حرارة تفوق 100 درجة مئوية. وكانت العينة التي حصلا عليها أكثر حمضية من المحاليل في الكثير من بطاريات السيارات.

SPACE: HANG LI; SINKHOLE: MICHAEL BIRD; SALT PLAINS: MARIA DE CRAEN; ICE CORES: ANA LYONS; SPEAKING UP: NELSON W ARMOUR; GLASSES: BOGDAN DEREKA



الدفاع عن العِلْم (جاري كوبر)

رائد الأعمال جاري كوبر يتحدث في «مسيرة من أجل العِلْم»، التي جرت خلال العام الماضي. تطلَّع كوبر إلى أن تعكس هذه الصورة رسالته؛ وهي أن العلماء لا يَبدون جميعًا متشابهين، وهذا أمر جيد. وقد تكررت تلك المسيرة في شهر إبريل الماضي.



استخراج عينات جليد جوفية في القارة القطبية الجنوبية (آنا ليونز)

علماء مُستجِّدون يستخرجون عينة جليد جوفية بالقرب من محطة ماك موردو في القارة القطبية الجنوبية. وتُعلِّق المصوِّرة وعالِمة الأحياء آنا ليونز - التي تعمل في جامعة كاليفورنيا في بيركلي - على هذه الصورة قائلةً إن الشمس الساطعة التي تظهر فيها خادعة؛ فالطقس كان باردًا.

قُداس الموتى

رحلة عودة.

كريستين لوكاس

هل يُعَد الأمر غزوًا، إذا قام به مخلوق فضائي واحد؟

بعض وسائل الإعلام يطلق عليه ذلك بالفعل، حتى وإنْ لم يأتِ هذا المخلوق مُشهِرًا أسلحته نحونا. وهل كان هذا الغازي ذكرًا؟ لا يمكن لأحد أن يعلم ذلك، لكنّ هذا ما افترضه الإعلام من البداية، وفقًا لتصوّرهم المُسبَق لجنس أي غازٍ. هبط المخلوق من السماء في مركبته الضوئية، أو لعلّها كانت حجيرة، أو كبسولة، أو ربما شرنقة. نزل نزولًا سلسًا بلا مجهود في الصحراء الكبرى على بقعة من الرمال وشظايا صفراء، حيث أحالت الحرارة الشديدة قبل آلاف السنين - أي قبل رمسيس، والإسكندر - الرمال إلى زجاج. وعندئذٍ، علت صرخات المنتصرين؛ احتفالًا بعودة الآلهة القديمة التي ستقود البشرية إلى الارتقاء.

لكنه لم يفعل ذلك، وإنما مشى في شوارع القاهرة بأُلفة شخص ولِد بها. لم يكن يمشي في الحقيقة، وإنما كان يحلّق فوق الأرض بسنتيمترين، مرتديًا حُلة متلألئة تصل إلى كاحليه، وربما كانت رداء، أو قفطانًا. تفقّد دكاكين وأكشاك سوق خان الخليلي، كما لو كان سائحًا. تفحصت عيناه الداكنتان عديمتا الأجفان الأقمشة والآنية الزجاجية، وربما تسكع طويلًا بعض الشيء أمام تماثيل القطط المُصغّرة المعروضة في أكشاك السوق، قبل أن يلتفت إلى القطط الحيّة واسعة الأعين، التي ألهمت عمل هذه التماثيل.

لمست أصابعه الطويلة - التي ادعى البعض أنها أصابع فنان، أرق من أن تُستخدَم في القتال - برفق أرفف التوابل، والفواكه المجففة، والخبز المرقق من بين بضائع أخرى غير المأكولات. وتوقف، بعد ذلك، عند عربة من العربات التي تبيع الطعام في الشارع، تعرض صنوفًا من اللحوم المشوية: كفتة، وكباب، وشاورما. ومع نظرة ذهول من البائع، الذي تسمّر في مكانه، قطع المخلوق أصغر قطعة لحم ضأن، وقرّبها إلى فمه؛ فأضاء شيء أشبه بالابتسامة وجهه الخالي من التعبير. وخرج شيء أشبه بالكلمات من شفتيه الرفيعتين. وتوقف هناك للحظة امتدت في انتظار استجابة لم تأت أبدًا، باستثناء قبضة البائع المتوترة على تميمته الواقية.

ثم اختفى المخلوق.

وظهر من جديد، وهو يُجرّب حساء النودلز في هونج كونج، ثم قهوة الإسبرسو في روما، ثم في كلٍّ من بيرو، ومومباي، وسنغافورة، والعديد من الأماكن الأخرى حول العالم. جال مغامرًا في الأسواق المحلية يُجرِّب طعامها، ويحاول - كما ظن البعض - الانخراط مع السكان المحليين في الحديث. احتشدت فِرق وسائل الإعلام خلفه مُحمَّلةً بكل أجهزة التسجيل الممكنة، وفشلت جميعها في هذه المهمة، فبث ثيابه مجال قوة، أَبْطَل أثر كل الإلكترونيات بعد مسافة نصف قطر معين. ولم يقتصر ذلك على الإلكترونيات فحسب، وإنما الرصاص أيضًا. فعندما جاء إليه المهووسون - وكيف لا يفعلون ذلك! - ممن يعزون غباءً بشريًّا لإله واحد، أو ما شابه، لم يؤثّر أيٌّ من رصاصهم وقنابلهم على تجوُّله بين مطاعم الأرض.



وبينما أُثيرت النظريات حول أصله ومراده، وأصبح الطهاة والباعة الذين زارهم مشاهير بين عشية وضحاها، بدأ بريقه في التضاؤل مع كل زيارة جديدة. فثمة شيء ما أثّر فيه.

وبعد ذلك.. اختفى. لم يره أحد لمدة أسبوعين، وافترض كثيرون أنه رحل، أو مات.

ظهر من جديد في هذه المرة على جزيرة معزولة تابعة لدولة مديونة على البحر المتوسط. لا أسواق في هذه المرة. كان هناك فقط صيّاد عجوز يطهو أسماكًا طازجة، اصطادها بنفسه. جثم المخلوق الفضائي فوق صخرة على بُعْد بضعة أمتار من ذلك الصيّاد. وقد سجَّلَت الطائرة بلا طيّار الوحيدة التي التقطت هذا اللقاء بينهما تحريك المخلوق الفضائي لشفتيه، وهزّ الصيّاد العجوز الواهن - شأنه شأن مركبه - لرأسه.

"إيثاكا؟ أليست هذه إيثاكا؟"، كانت هذه هي الكلمات التي قالها الصيّاد للمخلوق الفضائي بلغة إنجليزية ركيكة. فالسائح سائح؛ هل له أن يَستخدِم لغة أخرى غير الإنجليزية؟ وأشار الرجل العجوز في اتجاه الغرب. "هذا بحر إيجة. إيثاكا، بحر آخر... البحر الأيوني".

حرّك الرجل العجوز كومة الجمر والرماد، حيث كان هناك شيء يُشوَى فوقها. والتقط رزمة ملفوفة بورق الألومنيوم، وفَضّها؛ وأخرج منها سمكة سردين مغلفة بقشرة ملح كثيفة.

"تفضلْ. جرّب، أيها الصديق".

صديق!. هل اتسعت عينا المخلوق الفضائي عند سماعه هذه الكلمة؟

مالَ الصيّاد مقتربًا من المخلوق، وقال: "جيدة. إنها وصفة قديمة، تعود إلى جدّ جدّي، بل إنها أقدم من ذلك. إنها تعود إلى أوديسيوس".

قال المخلوق الفضائي: "أوديسيوس"، وكسر القشرة؛ ليصل إلى لحم السمك بداخلها. التهم قطعة، ثم قال: "جيد".

عندما مدّ الرجل العجوز يده إلى سمكة السردين الثانية، ظهرت سيدة من البيت الصغير الواقع خلفهما بحوائطه البيضاء ونوافذه الزرقاء. بحثت الطائرات بلا طيّار - التي تدفقت بأعداد كبيرة إلى المنطقة - عن وجه هذه السيدة في كل قاعدة بيانات ممكنة؛ فتوصلت إلى أنها معلمة مدرسية متقاعدة، وزوجة الصيّاد، درّست في السابق لغة قديمة بائدة لمراهقين ضجرين. كانت نكرة ضمن سلسلة طويلة من النكرات اللاتي تواصل معهن المخلوق الفضائي. اقتربت السيدة وهي تحمل هدايا من المشروبات الكحولية، وغمغم المخلوق الفضائي بشيء ما إليها.

مرّت لحظة من الصمت، اتسعت فيها عينا السيدة، وأعقبتها هزة خفيفة برأسها، وهي تقول: "لا، ليس أوينوس كيكرامينوس. لم نعد نشرب ذلك. تفضل، جرّب هذا. إنه «أوزو».. إنه جيد.. وأفضل من أمبروسيا".

بينما جعلت الشكوك المخلوق الفضائي يُبطئ في رشفاته الأولى لهذا المشروب الكحولي، الذي يحمل رائحة الينسون، تبددت هذه الشكوك تمامًا مع الزجاجة الثانية والسردين الذي صاحبها. تعاقبت، بعد ذلك، أطباق أخرى حملت زيتونًا، وفلفلًا مشويًّا، وخبزًا يابسًا يكتسب طراوة من زيت الزيتون، ويعلوه جبن الماعز.

سألت السيدة المخلوق الفضائي: "هذه ليست المرة الأولى لك هنا، أليس كذلك؟"

لعق المخلوق الزيت من على أصابعه، وأومأ برأسه.

"منذ زمن بعيد؟"

فأومأ برأسه من جديد.

"لماذا الآن؟"

حدَّق طويلًا، ورفع كفه المفتوح، فإذا بشكل عملة دراخما نحاسية قديمة تومض عليه، ثم أغلق كفه ببطء شديد، كأنه يتألم.

تنهدت السيدة، وأومأت برأسها، وعرضت عليه مزيدًا من مشروب «أوزو»، وقالت: "ها هو كوب آخر، من أجل الرحلة، ومن أجل البحّار".

تحت ضوء القمر، الذي كان هلالًا، أكل وشرب الثلاثة الطاعنون في السنّ طوال الليل، وأخذ اثنان منهم يحسبان أعمارهما بالعقود، والثالث يحسبها بآلاف السنين. وعندما بزغ الفجر، كانوا جميعًا قد اختفوا. وعندها فقط، أدركت البشرية كيف بدت مركبة المخلوق الفضائي كالتابوت، لكنهم لم يجدوها أبدًا ليتأكدوا من ذلك، كما لم يجدوا الزوجين المسنَّين، وسرعان ما طواهم جميعًا النسيان.

... إلى أن جاءت سفينة أخرى. ■

كريستين لوكاس ضابطة سابقة بالقوات الجوية اليونانية. ظهرت أعمالها في العديد من الإصدارات المطبوعة، وعلى الإنترنت. وكان من بين تلك الإصدارات: «ديلي ساينس فيكشن»، ومجلة «سبيس آند تايم»، و«كاست أوف واندرز». وصلت إلى الدور النهائي لجائزة رابطة واشنطن للخيال العلمي (WSFA) لعام 2017.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

الرقم: 340517